



Munich Personal RePEc Archive

**Quantification of environmental and health impacts (external costs) attributable to open-pit brown coal mining in Bílina Mine and ČSA Mine in the Northern Bohemia and burning the brown coal to generate electricity and heat in the Czech Republic**

Ščasný, Milan and Máca, Vojtěch and Melichar, Jan and Rečka, Lukáš

Charles University in Prague, Environment Center

31 August 2015

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/66600/>

MPRA Paper No. 66600, posted 21 Mar 2016 18:29 UTC

# **Quantification of environmental and health external costs attributable to open-pit mining of brown coal at Bílina and ČSA coal mines and usage of brown coal in combustion processes to generate electricity and heat.**

**Milan Ščasný, Vojtěch Máca, Jan Melichar, Lukáš Rečka**

Univerzita Karlova v Praze, Centrum pro otázky životního prostředí, e-mail: [milan.scasny@czp.cuni.cz](mailto:milan.scasny@czp.cuni.cz)

## **Abstract:**

This study quantifies environmental and health impacts attributable to revoking the territorial ecological restrictions on open-pit mining of brown coal at Bílina and ČSA mines in the Northern Bohemia mining area, following four options as proposed in 2015 by the Czech government. These impacts are attributable to brown coal mining and burning brown coal in combustion processes to generate electricity and heat and are relevant to the area of the Czech Republic only. Environmental and health impacts are monetarized and mean the external cost from mining and usage of brown coal. Dose response function and Impact pathway analysis are applied to quantify the external costs. External cost of not revoking the territorial ecological restrictions (option 1) declines from 1,200 mil. CZK per annum to zero in 2038, when the mining of brown coal is terminated. For the whole period 2015-2050 the external cost reaches 14 billion CZK cumulatively. Revoking the territorial ecological restrictions at Bílina mine (option 2) increases the external cost by 200 – 500 mil. CZK per annum and by 10 billion CZK cumulatively for the whole period 2015-2050. Revoking the territorial ecological restrictions at Bílina mine and partly at ČSA mine (option 3) differs from option 2 only during 2024-2033 due to partial revoking the territorial ecological restrictions at ČSA mine, when the external cost increases by additional 700 mil. CZK per annum compared to option 1. The cumulative external cost is 14 billion CZK higher in option 3 than in option 1. The complete revoking the territorial ecological restrictions (option 4) leads to cumulative external cost higher by 25 billion CZK compared to option 1. With respect to international pollution transfer and global effects on climate change, the scope of the analysis has crucial role for evaluation of impacts of the national regulation. The underlying scenario of this analysis assumes the impacts on Czech inhabitants only which account for 8-10% of the impacts on the whole EU population. Impacts on energy mix are analysed by partial equilibrium model TIMES.

**Keywords:** external costs; environmental impacts; health impacts; coal mining; energy; ExternE; impact pathway analysis; energy modelling; TIMES model

**JEL:** C61; I12; Q51; Q40; Q52

## **Acknowledgement**

This research received funding from the project funded by Technology Agency of the Czech Republic TD020183 „Integrovaný model hodnocení zdravotních a environmentálních rizik z povrchové těžby hnědého uhlí“ and TD020299 „Analýza environmentálních dopadů regulace a predikce vývoje v sektoru energetiky panevropským dynamickým modelem TIMES“; ECOCEP (Economic Modelling for Climate-Energy Policy) No 609642 funded from People Marie Skłodowsk-Curie Actions FP7-PEOPLE-2013-IRSES of the Seventh Framework Program of European Commission

## **Recommended citation:**

Ščasný, M., Máca, V., Melichar, J., Rečka, L. (2015), Kvantifikace environmentálních a zdravotních dopadů (externích nákladů) z povrchové těžby hnědého uhlí v Severočeské hnědouhelné pánvi v těžebních lokalitách velkolomů Bílina a ČSA a využití vydobytého hnědého uhlí ve spalovacích procesech pro výrobu elektřiny a tepla na území ČR. MPRA Paper 66600, University Library of Munich, Germany. Available at: [https://mpra.ub.uni-muenchen.de/66600/1/MPRA\\_paper\\_66600.pdf](https://mpra.ub.uni-muenchen.de/66600/1/MPRA_paper_66600.pdf)

# Kvantifikace environmentálních a zdravotních dopadů z povrchové těžby hnědého uhlí v Severočeské hnědouhelné pánvi v těžebních lokalitách velkolomů Bílina a ČSA a využití vydobytého hnědého uhlí ve spalovacích procesech pro výrobu elektřiny a tepla na území ČR

## Abstrakt

Studie kvantifikuje environmentální a zdravotní dopady z prolomení územních ekologických limitů (ÚEL) povrchové těžby hnědého uhlí v Severočeské hnědouhelné pánvi v těžebních lokalitách velkolomů Bílina a ČSA, tak jak jsou navrženy ve variantách 1 až 4 vládního usnesení a z následného využití vydobytého hnědého uhlí pro výrobu elektřiny a tepla ve velkých spalovacích zdrojích na území ČR. Environmentální a zdravotní dopady jsou peněžně oceněny a představují externí náklady spojené s těžbou a užitím hnědého uhlí. Metodickým přístupem k řešení je přístup funkce škody a analýza drah dopadů. Externí náklady neprolomení ÚEL (varianta 1) klesají v důsledku snižujícího se objemu spotřebovávaného uhlí z úrovně 1 200 mil. Kč ročně rok na nulu v roce 2038, kdy je ukončena těžba i na druhém z obou velkolomů. Kumulativně pro období 2015-2050 externí náklady představují 14 mld. Kč. Prolomení územních ekologických limitů na velkolomu Bílina (varianta 2) vede k dodatečným externím nákladům v rozmezí 200 až 500 mil. Kč za rok, kumulativně za celé období 2015-2050 se jedná o 10 mld. Kč více než při neprolomení ÚEL. Prolomení limitů na lomu Bílina a částečné prolomení na lomu ČSA (varianta 3) má po většinu období 2015-2050 shodnou výši externích nákladů jako varianta 2, v období 2024-2033 však v důsledku částečného prolomení limitů na dolu ČSA dochází k dodatečným externím nákladům zhruba 700 mil. Kč za rok (proti variantě 1). Kumulativní externí náklady varianty 3 jsou o 14 mld. Kč větší než externality vyčíslené ve variantě 1. Úplné prolomení limitů na obou lomech (varianta 4) vede k celkové škodě za celé hodnocené období o 25 mld. Kč větší než u varianty 1. Na celkové hodnotě externích nákladů se podílejí primární emise  $\text{NO}_x$  z téměř 60 %, následované emisemi sekundárně vzniklým ozónem. Primární emise tuhých část přispívají dalšími 8 %. Externality z emisí z těžby představují pouze cca 0,4 %, dopady z hlukové zátěže působené těžbou jsou velmi nízké z důvodu plnění hygienických limitů a malého počtu dotčených obyvatel. Dopady těžkých kovů jsou rovněž takřka zanedbatelné. Z důvodu přeshraničního přenosu znečištění, resp. globálních efektů změny klimatu, má při hodnocení dopadů národní regulace na výši externích nákladů zásadní vliv zvolené hledisko. Základní scénář předpokládá dopady pouze na obyvatele ČR, které představují 8-10 % celkových dopadů na obyvatele země EU. Při globální perspektivě zůstává podíl externích nákladů ze znečišťujících látek a hluku v ČR v podstatě stejný jako u perspektivy EU, především z důvodu rozptýlení znečištění dominantně nad územím Evropy. Dopady na energetický mix jsou analyzovány modelem dílčí rovnováhy TIMES.

T A  
Č R

Program **Omega**

## Obsah

<b>MANAŽERSKÉ SHRUTÍ.....</b>	<b>4</b>
<b>1. ÚVOD.....</b>	<b>11</b>
<b>2. VÝCHODISKA STUDIE.....</b>	<b>13</b>
2.1. PARAMETRY ZADÁNÍ.....	13
2.2. VÝCHODISKA ŘEŠENÍ .....	15
<b>3. VYMEZENÍ OBLASTI HODNOCENÍ A VARIANT POSTUPU TĚŽBY .....</b>	<b>18</b>
3.1. DOTČENÉ ÚZEMÍ.....	18
3.2. SOUČASNÁ TĚŽBA VE VELKOLOMECH BÍLINA A ČSA.....	18
3.3. PLÁNOVANÁ TĚŽBA V JEDNOTLIVÝCH VARIANTÁCH ÚEL .....	19
<b>4. METODICKÝ POSTUP ŘEŠENÍ.....</b>	<b>22</b>
4.1. EXTERNALITY A PŘÍSTUP FUNKCE ŠKODY.....	22
4.2. MODELOVÉ PROSTŘEDÍ NA ROZPTYL ZNEČIŠŤUJÍCÍCH LÁTEK A HLUKU.....	24
4.3. ODVOZENÍ FYZICKÝCH DOPADŮ ENVIRONMENTÁLNÍ EXPOZICE NA ZDRAVÍ.....	25
4.4. MONETÁRNÍ OCENĚNÍ DOPADŮ NA ZDRAVÍ .....	29
4.5. HODNOCENÍ OSTATNÍCH ENVIRONMENTÁLNÍCH DOPADŮ.....	32
4.6. HODNOCENÍ ŠKOD PŮSOBENÝCH EMISEMI SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ.....	33
4.7. OPTIMALIZACE ENERGETICKÉHO SYSTÉMU POMOCÍ MODELU TIMES-CZ: ANALÝZA DOPADŮ PROLOMENÍ ÚZEMNÍCH EKOLOGICKÝCH LIMITŮ NA VELKOLOMU BÍLINA A ČSA .....	39
<b>5. VÝSLEDKY HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH VARIANT POSTUPU TĚŽBY .....</b>	<b>45</b>
5.1. HODNOCENÍ EXTERNÍCH NÁKLADŮ Z PROCESU TĚŽBY .....	45
5.2. HODNOCENÍ EXTERNÍCH NÁKLADŮ Z PROCESŮ UŽITÍ HU V ENERGETICKÝCH PROVOZECH .....	54
5.3. CELKOVÉ EXTERNÍ NÁKLADY .....	67
5.4. ROZDÍLOVÉ HODNOCENÍ VARIANT .....	69
<b>6. VÝSLEDKY HODNOCENÍ PRO DOPLŇKOVÉ SCÉNÁŘE.....</b>	<b>72</b>
6.1. ODHAD EXTERNÍCH NÁKLADŮ Z PROCESU UŽITÍ HU V ENERGETICKÝCH PROVOZECH Z HLEDISKA REGIONÁLNÍ PERSPEKTIVY .....	72
6.2. ODHAD EXTERNÍCH NÁKLADŮ SPOJENÝCH SE ZMĚNOU KLIMATU.....	73
6.3. OPTIMALIZACE UŽITÍ UHLÍ DLE VARIANT ÚPRAVY ÚEL MODELEM TIMES.....	77
<b>7. DISKUSE VÝSLEDKŮ .....</b>	<b>86</b>
7.1. DISKUSE HLAVNÍCH VÝSLEDKŮ STUDIE.....	86
7.2. DISKUSE VÝSLEDKŮ DOPLŇKOVÝCH SCÉNÁŘŮ .....	88
7.3. VYUŽITÍ KVANTIFIKACE EXTERNÍCH NÁKLADŮ V POLITICE .....	93
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....</b>	<b>96</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>99</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>100</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>102</b>

# Manažerské shrnutí

## Zadání

1. Studie kvantifikuje environmentální a zdravotní dopady z povrchové těžby hnědého uhlí v Severočeské hnědouhelné pánvi v těžebních lokalitách velkolomů Bílina a ČSA a z využití vydobytého hnědého uhlí pro výrobu elektřiny a tepla ve velkých spalovacích zdrojích na území ČR. Tyto peněžně oceněné environmentální a zdravotní dopady představují externí náklady spojené s těžbou a užitím hnědého uhlí (tzv. externality).
2. Zpracovaná kvantifikace externích nákladů vyhodnocuje 4 možné varianty postupu těžby v daných těžebních lokalitách:
  - zachování územních ekologických limitů (varianta 1),
  - prolomení územních ekologických limitů na velkolomu Bílina (varianta 2),
  - prolomení územních ekologických limitů na velkolomu Bílina a částečné prolomení limitů na velkolomu ČSA (varianta 3), a
  - prolomení územních ekologických limitů na velkolomu Bílina a ČSA (varianta 4).
3. V základním scénáři hodnocení:
  - a) vycházejí objemy hnědého uhlí (dle těžby ve variantách 1 – 4), které by bylo spáleno v jednotlivých energetických zdrojích, ze studie *Analýza potřeby dodávek hnědého uhlí pro teplárství s ohledem na navržené varianty úpravy územně-ekologických limitů těžby* (MPO 2015);
  - b) zahrnují vyčíslené externality dopady z atmosférických znečišťujících látek působící pouze na území a obyvatele ČR (tzv. „národní přístup“);
  - c) nejsou součástí vyčíslených externích nákladů dopady ze změny klimatu působené emisemi skleníkových plynů ze spálení vytěženého uhlí;
  - d) nejsou zahrnuty externí náklady spojené s jinými zdroji energie, které by byly (dle jednotlivých variant) spotřebovány pro uspokojení celkové poptávky po elektřině a teple v ČR.
4. Doplnkové scénáře nad rámec základního scénáře rozšiřují hodnocení o:
  - a) dopady ze změny klimatu působené emisemi skleníkových plynů;
  - b) dopady mimo území České republiky („perspektiva EU“ a „globální hledisko“);
  - c) optimalizaci energetického systému pomocí modelu dílčí rovnováhy TIMES.

## Metodologie

5. Studie kvantifikuje ekonomické přínosy využití jedné specifické technologie pro výrobu elektřiny a tepla, aniž by byly kvantifikovány další dopady, které jsou spojené s výrobou elektřiny a tepla z jiných technologií nebo dopady případné změny energetického mixu. Nejedná se tedy o analýzu nákladů a přínosů, nicméně ekonomické přínosy měřené dopady na životní prostředí a lidské zdraví podávají informaci o peněžním ekvivalentu negativních efektů.
6. Metodickým přístupem k řešení je přístup funkce škody (*damage function approach*), který umožňuje vyjádřit vliv environmentálních efektů v důsledku realizace navrhovaných variant postupu těžby na blahobyt dotčené společnosti. Tento přístup sleduje dráhy jednotlivých

znečišťujících látek od místa vzniku, přes jejich šíření v prostředí, až do místa dopadu a vyvolání účinky na obyvatele či životní prostředí.

7. Pro odhad fyzických dopadů jsou využity funkce expozice-odezva vycházející (v oblasti zdravotních dopadů) z epidemiologických a socioakustických studií. Kvantifikovány byly ty environmentální dopady, pro které je řešitelskému týmu známa funkce expozice-odpověď, a pro které existuje peněžní hodnota odpovídající dopadu na blahobyt. Ekonomické ocenění jednotlivých fyzických efektů prašného aerosolu, dalších primárních a sekundárních látek a hluku na zdraví obyvatel je provedeno s využitím přenosu hodnot (*benefit transfer*) z primárních českých a zahraničních valuačních studií.
8. Přístup peněžního ocenění fyzických dopadů primárně vychází z neoklasické ekonomie blahobytu. Environmentální a zdravotní dopady nebo dopady ze změny klimatu tak představují externí náklady, jejichž existence narušuje optimální alokaci trhu.
9. Studie zahrnuje jen dopady na lidské zdraví, které jsou způsobené změnou kvality životního prostředí (znečištěním, hlukem, nebo změnou klimatu). Lze nepochybně uvést řadu dalších negativních efektů ovlivňujících kvalitu života (od duševní pohody až po ztrátu kulturní paměti území), které nejsou předmětem předkládané kvantifikace. V případě, že takové negativní efekty existují a jsou zároveň externím nákladem (tj. odezvou působení takového negativního efektu je změna blahobytu nebo zisku), je předkládaná hodnota externích nákladů dolním odhadem a konzervativní hodnotou dopadů prolomení ÚEL.
10. Dopady změny klimatu v doplňkovém scénáři vychází z hodnoty společenských nákladů uhlíku (*Social Cost of Carbon*), které poskytují modely integrovaného posouzení (*Integrated Assessment Models*).
11. Energetický mix a spotřeba hnědého uhlí pro jednotlivé varianty v doplňkovém scénáři jsou výsledkem optimalizace energetického systému pomocí modelu dílčí rovnováhy TIMES (*The Integrated MARKAL-EFOM System*). Předpoklady modelovaných scénářů částečně vychází z tržních podmínek, avšak některé předpoklady, jako objem vyrobené elektřiny z jádra a OZE, respektují cíle Státní energetické koncepce (ASEK).
12. Peněžní hodnoty kvantifikovaných dopadů v této studii jsou vyjádřeny v cenách roku 2014.

#### Výsledky pro základní scénář

13. Externí náklady varianty 1 klesají v důsledku snižujícího se objemu spotřebovávaného HU z úrovně 1 200 mil. Kč ročně rok na nulu v roce 2038, kdy je ukončena těžba i na druhém z obou velkolomů. Odhadované externí náklady představují kumulativně hodnotu **14 mld. Kč**.
14. Prolomení územních ekologických limitů na velkolomu Bílina a ČSA je spojeno se značnými environmentálními a zdravotními dopady:
  - varianta 2 vede k dodatečným externím nákladům oproti variantě 1 v rozmezí 200 až 500 mil. Kč za rok, kumulativně za celé období 2015-2050 se jedná o **10 mld. Kč** externích nákladů více než při neprolomení ÚEL;
  - varianta 3 má po většinu období 2015-2050 shodnou výši externích nákladů jako varianta 2, v období 2024-2033 však v důsledku částečného prolomení limitů na dolu ČSA dochází

k dodatečným externím nákladům zhruba 700 mil. Kč za rok (proti variantě 1). Kumulativní externí náklady varianty 3 jsou **o 14 mld. Kč větší** než externality vyčíslené ve variantě 1;

- varianta 4 je spojená s nejvyšším externími náklady. Ty jsou od roku 2030 o více než 1 mld. Kč za rok vyšší než u varianty 1, kumulativně je celková škoda za celé hodnocené období o **25 mld. Kč větší** než u varianty 1;

Obrázek 1 – Celkové externí náklady za jednotlivé varianty



15. Na celkové hodnotě externích nákladů se v základním scénáři podílejí primární emise NO<sub>x</sub> z téměř 60 %, následované z emisí sekundárně vzniklým ozónem, který se na celku podílí zhruba třetinou. Primární emise tuhých část přispívají dalšími 8 %. Externality z emisí z těžby představují pouze cca 0,4 %, dopady z hlukové zátěže působené těžbou jsou velmi nízké z důvodu plnění hygienických limitů a malého počtu dotčených obyvatel. Dopady těžkých kovů jsou rovněž takřka zanedbatelné (0.02 % celkové hodnoty).

16. Externím nákladům dominují **dopady na lidské zdraví**, které představují 98.3 % (národní přístup) nebo 92 % hodnoty dopadů ze znečištění ovzduší a hluku (globální přístup). Tyto náklady zahrnují náklady léčení, ztrátu produktivitu v důsledku práce neschopnosti a z největší části ztrátu blahobytu v důsledku předčasného úmrtí, resp. v důsledku bolesti a dalších omezení vyvolaných nemocemi. Takřka všechny odhadované dopady na lidské zdraví jsou způsobené primárními emisemi PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> a NO<sub>x</sub> a sekundárně vzniklým ozónem, vliv těžkých kovů je zanedbatelný. Kvantifikované jednotlivé fyzické dopady ilustruje **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** Například ve variantě 2 je se spálením hnědého uhlí spojena ztráta 31 000 roků života (v důsledku předčasných úmrtí), 117 nových případů chronické bronchitidy, 3 132 nových případů příznaků astmatu u dětí, přes 520 000 dní s omezenou aktivitou nebo téměř 60 000 dní pracovní neschopnosti. Ve variantách 3 a 4 jsou negativní dopady na lidské zdraví ještě větší.

Tabulka 1 - Fyzické dopady v důsledku expozice ozónu za jednotlivé varianty za celé období 2015-2050 (počet let/ počet hospitalizací/ počet dní)

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4
roky ztraceného života	18 321	31 009	36 259	50 075
chronická bronchitida	68	117	137	183
příznaky astmatu u astmatických dětí	1 889	3 132	3 663	4 800
bronchitida u dětí	361	595	695	921
hospitalizace s kardiovaskulárními onemocněními	453	802	940	1 339
hospitalizace s respiračními onemocněními	47	87	101	143
dny s omezenou aktivitou	82 130	140 315	164 101	219 362
dny s mírně omezenou aktivitou	233 284	380 133	444 761	600 700
dny pracovní neschopnosti	35 561	59 249	69 292	91 250

17. Odhadované dopady na biodiverzitu přispívají k celkové hodnotě dopadů ze znečištění ovzduší a hluku 1,4% dopady na zemědělskou úrodu dalšími 0,3 %. Dopady z těžby, které se týkají jen dopadů na lidské zdraví, představují v průměru 0,2 % celkových dopadů ze znečištění ovzduší a hluku. V případě, že jsou zahrnuté i dopady mimo ČR, dopady na lidské zdraví představují kolem 92 % celkové hodnoty externích nákladů ze znečištění ovzduší a hluku. Dopady na biodiverzitu přispívají 5 %, na budovy a materiály 1,7 % a na zemědělskou úrodu kolem 1,3 %.

Doplňkové scénáře: změna klimatu

18. Při započtení dopadů emisí skleníkových plynů na obyvatel ČR („národní přístup“) se celková hodnota externích nákladů **zvyšuje o 5 až 6 %**. Celkové externality včetně dopadů ze změny klimatu za celé období ve variantě 1 činí **15 mld. Kč, 25 mld. Kč** ve variantě 2, **30 mld. Kč** ve variantě 3 a téměř **42 mld. Kč** ve variantě 4.
19. Zahrnutí části **společenských nákladů ze změny klimatu**, která je přiřaditelná území ČR, zvyšuje hodnotu externích nákladů o **5 – 6 %**.

Doplňkové scénáře: lokální vs. globální efekty

20. Z důvodu přeshraničního přenosu znečištění, resp. globálních efektů změny klimatu, má při hodnocení dopadů národní regulace na výši externích nákladů zásadní vliv zvolené hledisko. Základní scénář předpokládá dopady pouze na obyvatele ČR, zatímco argument reciprocit a altruismu vede spíše k reflektování dopadů ze změny klimatu na úrovni EU („perspektiva EU“). Globální hledisko pak předpokládá silné altruistické motivy v politické volbě.
21. V národním hledisku **dopady ze změny klimatu** tvoří jen malou část dopadů ze znečištění ovzduší a hluku – kolem 6 %. V perspektivě EU už dopady ze změny klimatu představují 28 % a v globální perspektivě dokonce 144 až 154 % hodnoty dopadů způsobené znečištěním ovzduší a hlukem. Jiným slovy započtení dopadů ze změny klimatu zvyšuje hodnotu externích nákladů v základním scénáři o **6 %** („národní pohled“), v doplňkových scénářích je hodnota externalit vyšší o **28 %** (EU perspektiva) nebo o kolem **150 %** (globální perspektiva).
22. Dopady ze **znečištění ovzduší a hluku** na obyvatele ČR představují **10 %** celkových dopadů na obyvatele všech zemí EU. Při globální perspektivě zůstává podíl externích nákladů ze znečišťujících látek a hluku v ČR na dopadech na celém světě v podstatě stejný jako u perspektivy EU, především z důvodu rozptýlení znečištění dominantně nad územím Evropy.
23. **Celkové externí náklady** (spojené se znečištěním ovzduší, hlukem a změnou klimatu) spojené s dopady pouze na území ČR představují kolem **8 %** hodnoty externích nákladů spojených s dopady **na území EU**. Dopady ze změny klimatu na globální úrovni jsou 261krát vyšší než dopady, které byly vypočteny pouze pro ČR (domácí hledisko). Hodnota domácího podílu celkových externích nákladů tak představuje pouze **4 %** hodnoty celkových externích nákladů spojených s **globálními efekty**.



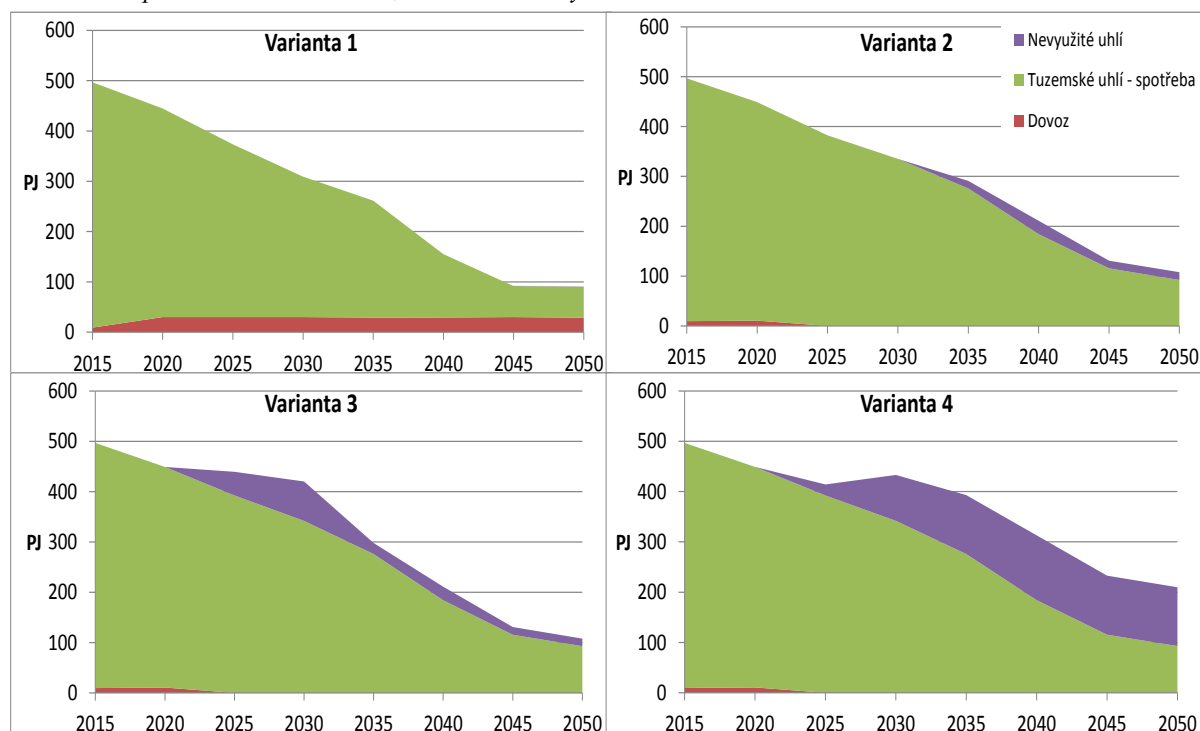
Tabulka 2 Celkové externí náklady spojené s těžbou a užitím uhlí, včetně dopadů změny klimatu: EU a globální perspektiva dopadů, 2015-2050, v mil. Kč

	Národní hledisko				EU perspektiva				Globální perspektiva			
	varianta 1	varianta 2	varianta 3	varianta 4	varianta 1	varianta 2	varianta 3	varianta 4	varianta 1	varianta 2	varianta 3	varianta 4
<b>těžba</b>												
prašný aerosol	48	116	125	139	48	116	125	139	48	116	125	139
obtěžování hlukem	7	8	9	10	7	8	9	10	7	8	9	10
<b>užití uhlí</b>												
primární polutanty	9 548	16 415	19 191	26 682	4 414	7 459	8 701	11 984	4 414	7 459	8 701	11 984
sekundární polutanty	4 416	7 584	8 881	12 445	132 189	228 456	267 318	372 935	134 088	231 813	271 241	378 308
těžké kovy	2	4	5	7	95	175	202	272	636	1 173	1 349	1 821
<b>CELKEM (bez CO<sub>2</sub>)</b>	<b>14 022</b>	<b>24 128</b>	<b>28 211</b>	<b>39 283</b>	<b>136 753</b>	<b>236 214</b>	<b>276 354</b>	<b>385 340</b>	<b>139 192</b>	<b>240 569</b>	<b>281 425</b>	<b>392 261</b>
klimatická změna	659	1 331	1 558	2 314	35 487	66 229	77 665	110 489	171 894	347 275	406 593	604 027
<b>CELKEM</b>	<b>14 680</b>	<b>25 459</b>	<b>29 769</b>	<b>41 598</b>	<b>172 239</b>	<b>302 444</b>	<b>354 020</b>	<b>495 829</b>	<b>311 086</b>	<b>587 844</b>	<b>688 018</b>	<b>996 289</b>

### Doplňkové scénáře: optimalizace energetického systému

24. Nákladová optimalizace modelem dílčí rovnováhy TIMES vede k **objemům spotřebovaného hnědého uhlí**, které je víceméně **stejně ve všech čtyřech variantách**. Protože externí náklady jsou přímo závislé na objemu spáleného uhlí, budou i externí náklady pro všechny 4 varianty víceméně stejné.
25. Jedním z nejvýznamnějších efektů prolomení ÚEL je **převís nabídky (plánované těžby) hnědého uhlí nad poptávkou po hnědém uhlí**. Prolomení UEL ve variantách 2, 3 a 4 povede k objemům těžby, které nebude uplatnitelné na českém trhu, a tyto objemy rostou s objemy těžby. Kolem 13 % vytěženého HU ve variantě 2 nebude od roku 2040 uplatnitelné na trhu, 19 % vytěženého HU ve Variantě 3 nebude kolem roku 2030 uplatnitelné na trhu, konečně ve Variantě 4 nebude na trhu od roku 2045 uplatnitelná více než polovina vytěženého HU. Uspokojení poptávky po HU ve Variantě 1 vede k **dovozům v objemu kolem 30 PJ za rok**, což představuje přibližně 6 % předpokládané spotřeby v 2015 až 20 % kolem roku 2040. Prolomení UEL ve všech variantách povede k soběstačnosti v nabídce HU od roku 2025.

Obrázek 2 - Spotřeba tuzemského HU, dovoz HU a nevyužité HU za ÚEL ve Variantách 1-4



### Vyjádření hodnoty externích nákladů na tunu hnědého uhlí

26. Hodnota externích nákladů činí **85 až 90 Kč na tunu vytěženého a užitého hnědého uhlí** v případě, že jsou zahrnuty pouze dopady ze znečištění ovzduší a hluku na obyvatele ČR (základní scénář). Zahrnutí dopadů ze změny klimatu na obyvatele ČR hodnotu externalit zvyšuje na **88 až 96 Kč na tunu**. Zahrnutí externích nákladů na úrovni EU vede k hodnotě externality kolem **820 až 890 Kč na tunu**, včetně dopadů ze změny klimatu jsou externality na úrovni EU kolem 1 100

Kč na tunu hnědého uhlí. Globální perspektiva kvantifikace dopadů vede k externalitám přes **2 000 Kč na tunu** spáleného hnědého uhlí.

*Tabulka 3 Externí náklady na tunu vytěženého a spáleného uhlí, různé perspektivy zahrnutí dopadů, v Kč na tunu spáleného hnědého uhlí*

	varianta 1	varianta 2	varianta 3	varianta 4
<b>národní perspektiva</b>				
(i) externality bez dopadů klimatické změny	85	84	85	90
(ii) externality spojené s dopady klimatické změny	4	5	5	5
(iii) celkem	89	88	90	96
<b>perspektiva EU</b>				
(i) externality bez dopadů klimatické změny	825	818	831	886
(ii) externality spojené s dopady klimatické změny	214	229	234	254
(iii) celkem	1 040	1 047	1 065	1 140
<b>globální perspektiva</b>				
(i) externality bez dopadů klimatické změny	840	833	846	902
(ii) externality spojené s dopady klimatické změny	1 038	1 203	1 223	1 389
(iii) celkem	1 878	2 036	2 069	2 291

## 1. Úvod

Předmětem této studie je kvantifikace environmentálních a zdravotních dopadů (externích nákladů) z povrchové těžby hnědého uhlí v Severočeské hnědouhelné pánvi v těžebních lokalitách velkolomů Bílina a ČSA a z využití vydobytého hnědého uhlí pro výrobu elektřiny a tepla ve velkých spalovacích zdrojích na území ČR. Peněžně vyjádřené environmentální a zdravotní dopady představují externí náklady (tzv. externality), jejichž existence narušuje optimální alokaci trhu.

Zpracovaná kvantifikace externích nákladů vyhodnocuje 4 možné varianty postupu těžby v daných těžebních lokalitách:

1. zachování územních ekologických limitů,
2. prolomení územních ekologických limitů na velkolomu Bílina,
3. prolomení územních ekologických limitů na velkolomu Bílina a částečné prolomení limitů na velkolomu ČSA, a
4. prolomení územních ekologických limitů na velkolomu Bílina a ČSA.

Metodickým přístupem k řešení je přístup funkce škod (*damage function approach, DFA*), který umožňuje vyjádřit změnu environmentálních efektů v důsledku realizace navrhovaných variant postupu těžby na změně blahobytu dotčené společnosti. Využití přístupu DFA (v literatuře též nazývaného analýza drah dopadů – *impact pathway analysis, IPA*) spočívá ve sledování dráhy jednotlivých znečišťujících látek od místa vzniku, šíření v prostředí, místa dopadu a vyvolanými účinky na jednotlivé receptory.

Pro odhad fyzických dopadů jsou využity funkce expozice-odezva, vycházející (v oblasti zdravotních dopadů) z epidemiologických a socioakustických studií. Ekonomické ocenění jednotlivých fyzických efektů prашného aerosolu, dalších primárních a sekundárních látek a hluku na zdraví obyvatel je provedeno s využitím přenosu hodnot (tzv. *benefit transfer*) z primárních českých a zahraničních valuačních studií.

V rámci doplňkového scénáře k 4 hodnoceným variantám postupu těžby byla jako předstupeň hodnocení zdravotních a environmentálních dopadů z procesů užití hnědého uhlí v energetických provozech provedena optimalizace energetického systému pomocí modelu TIMES (*The Integrated MARKAL-EFOM System*). V této optimalizaci jsou základní parametry jednotlivých scénářů nastaveny dle scénářů Státní energetické koncepce (MPO, 2015). Výstupem modelu TIMES je alokace vytěženého uhlí na jednotlivé typy technologií výroby elektřiny a tepla do roku 2050.

Tato studie není analýzou nákladů a přínosů variant postupu těžby, neboť v souladu se zadáním nemá za cíl kvantifikovat externí náklady spojené s energetickým mixem, které budou jednotlivé varianty postupu těžby implikovat, ani se nezabývá modelováním optimálního mixu energetické soustavy. Scénáře energetického mixu vychází z předpokladů a výsledků aktualizované Státní energetické koncepce (MPO 2015), což znamená, že předkládána studie se spíše blíží analýze nákladové efektivity než analýze nákladů a přínosů.

Vlastní řešení studie sestávalo z následujících aktivit:

- **Hodnocení zdravotních a environmentálních dopadů z procesu těžby HU**

- inventarizace ohrožených skupin obyvatel
  - aktualizace vztahů expozice-odpověď pro zdravotní rizika emisí prachu z povrchové těžby hnědého uhlí
  - aktualizace ekonomických hodnot fyzických dopadů expozice imisní zátěži
  - výpočet zdravotních rizik znečištění z těžby HU v oblasti lomů Bílina a ČSA
  - identifikace vztahů expozice-odpověď hluku z povrchové těžby hnědého uhlí
  - aktualizace ekonomických hodnot dopadů hluku na populaci
  - výpočet obtěžování dotčené populace hlukem z těžby HU v oblasti lomů Bílina a ČSA
  - vyhodnocení zdravotních a environmentálních dopadů jednotlivých variant úpravy ÚEL
- **Hodnocení zdravotních a environmentálních dopadů z procesů užití HU v energetických provozech**
    - výpočet zdravotních a environmentálních rizik vlivem atmosférických emisí z energetických stacionárních zdrojů na HU
    - vyhodnocení zdravotních a environmentálních dopadů na energetických provozech pro jednotlivé varianty
  - **Optimalizace energetického systému modelem TIMES**
    - konsolidace vstupních dat a příprava dat pro model TIMES – definice scénářů
    - úprava modelu
    - optimalizace a vyhodnocení scénářů – spotřeby paliv v jednotlivých typech technologií
    - vyhodnocení zdravotních a environmentálních dopadů na energetických provozech pro jednotlivé varianty
  - **Hodnocení dopadů ze změny klimatu způsobené emisemi skleníkových plynů**
    - shrnutí odhadů společenských nákladů uhlíku a návrh hodnoty pro účely provedení kvantifikace ekonomických přínosů
  - **Metodologické otázky konceptuální a hodnocení dopadů ze změny klimatu způsobené emisemi skleníkových plynů**
    - shrnutí odhadů společenských nákladů uhlíku a návrh hodnoty pro účely provedení kvantifikace ekonomických přínosů

## 2. Východiska studie

Při zpracování studie jsme vycházeli z následujících výchozích předpokladů a parametrů zadání specifikovaných smlouvou o dílo, případně dílčích upřesnění zadání na základě konzultací se zadavatelem. Klíčovým podkladem pro zpracování této studie je komplementární studie zpracovávaná souběžně společností ATEM – Ateliér ekologických modelů, s.r.o., *Kvantifikace environmentálních dopadů (znečištění ovzduší a hlukové zátěže obyvatel) z povrchové těžby hnědého uhlí v Severočeské hnědouhelné pánvi v těžebních lokalitách velkolomů Bílina a ČSA a využití vydobytého hnědého uhlí ve spalovacích procesech pro výrobu elektřiny a tepla na území ČR*, která kvantifikovala emise prachu a hluku z těžby a vyvolanou imisí a hlukovou zátěž obyvatelstva a rovněž emise primárních znečišťujících látek z využití uhlí pro výrobu elektřiny a tepla a vyvolanou imisí zátěž obyvatelstva.

### 2.1. Parametry zadání

- 1) předmětem studie je kvantifikace environmentálních dopadů a externalit působených **těžbou a spaláním hnědého uhlí**, které bude podle varianty 1 až 4 vytěženo z lomů Bílina a ČSA do roku 2050;
- 2) předmětem studie není kvantifikace těchto dopadů pro **další technologie výroby elektřiny a tepla v ČR**, jako je spalování černého uhlí, zemního plynu, nebo topných olejů, nebo výroby energie z obnovitelných zdrojů a jaderné energie;
- 3) předmětem doplňkového scénáře studie je i optimalizace **energetického mixu** (a struktury paliv a užitých technologií) predikovaná modelem dílčí rovnováhy (za předpokladu vývoje cen paliv, kapitálových a provozních nákladů nových technologií transformace energií, vývoje sazeb poplatků za vypouštění znečišťujících látek do ovzduší a hodnoty povolenek v rámci systému EU ETS, a případně dalších technických, environmentálních nebo legislativních omezení determinujících energetický mix do roku 2050). Exogenním parametrem modelování optimálního energetického mixu je však kromě hrubé výroby elektřiny a tepla, také objem a podíly vyrobených energií z jádra a obnovitelných zdrojů. Tyto předpoklady vychází z SEK 2015 a jsou součástí zadání studie. Výsledkem modelování tak není optimální energetický mix, ale mix, který je determinován pevně zadanými podíly výroby elektřiny a tepla z jádra a obnovitelných zdrojů;
- 4) varianty úprav ÚEL, objemy vytěžitelných zásob a **ročních těžeb hnědého uhlí** v lomech Bílina a ČSA vychází z podkladů poskytnutých zadavatelem, především studie *“Analýza potřeby dodávek hnědého uhlí pro teplárenství s ohledem na navržené varianty úpravy územně-ekologických limitů těžby”* (MPO, 2015a);
- 5) kvalitativní **parametry těženého uhlí** z lomů Bílina a ČSA v roce 2014 jsou uvažovány jako konstantní pro celé budoucí období 2015-2050;
- 6) rozsah hodnocených dopadů na životní prostředí a zdraví – v rámci studie jsou hodnoceny dopady **emisí hluku a znečišťujících látek do ovzduší** z těžby ve velkolomech Bílina a ČSA

a dále dopady z emisí znečišťujících látek do ovzduší z užití uhlí z lomů Bílina a ČSA pro výrobu elektřiny a tepla ve velkých stacionárních zdrojích.

- 7) hodnoceny jsou jenom ty environmentální dopady, pro které je řešitelskému týmu známa funkce dávka-odpověď a existuje pro daný dopad peněžní hodnota dopadu na blahobyt. V případě, že takovéto efekty existují, je předkládána hodnota externích nákladů dolním odhadem a **konzervativní hodnotou dopadů**;
- 8) hodnocení dopadů kvantifikuje dopady z užití uhlí z lomů Bílina a ČSA pouze **velkými stacionárními zdroji**, které toto uhlí v současnosti využívají. K tomuto zjednodušení bylo přikročeno z několika důvodů. Prvním důvodem je skutečnost, že se tyto zdroje podílí rozhodující mírou na stávajícím (a předpokládaném) využití uhlí z lomů Bílina a ČSA. Druhým důvodem je velká časová (i finanční) náročnost modelování detailního rozptylu znečištění z malých zdrojů pro celou ČR a období do roku 2050. Třetím důvodem je v SEK předpokládaný pokles spotřeby uhlí v konečné spotřebě (**domácnosti a další malé zdroje**), vyvolaný legislativou na ochranu ovzduší, který se mezi variantami úprav ÚEL nikterak neliší, a proto se ani nebudou lišit jejich dopady na životní prostředí a zdraví mezi jednotlivými variantami úprav ÚEL;
- 9) předpokládaná alokace **uhlí z lomů Bíliny a ČSA** pro velké stacionární zdroje vychází z podkladových dat studie MPO (2015a), kdy je až na výjimky (náběh nového zdroje v Ledvicích) pro hodnocené období let 2015-2050 toto uhlí alokováno do zdrojů, které toto uhlí odebíraly v roce 2014 (i v daném poměru), a to dle dostupnosti uhlí až do plných nároků těchto zdrojů (ale také dle postupného odstavování těchto zdrojů). Jedná se o statický pohled, který nezohledňuje ani majetkové propojení těžby a výroby elektřiny a tepla (Severní energetická, Severočeské doly - ČEZ), ani případnou právní úpravu prioritizující dodávky uhlí pro (menší) teplárny. Ve variantách úpravy ÚEL, v nichž uhlí z lomů Bílina a ČSA nedostačuje pro uspokojení plných nároků hodnocených velkých stacionárních zdrojů, jsou nároky všech těchto zdrojů proporcionálně kráceny;
- 10) vývoj emisních limitů v čase – hodnocení je provedeno v souladu s vývojem emisních limitů požadovaných současnou **legislativou i při zohlednění dalšího zpřísnování** podle připravovaných právních předpisů v EU;
- 11) pro modelování budoucích emisí z velkolomů je předpokládáno **dodržení zákonných limitů** pro hluk a TZL na hranici předpokládaného pásma hygienické ochrany tzn. 450-500 m od nejbližší obytné zástavby.
- 12) ve variantě 4 po roce 2040 **převyšuje těžba uhlí z velkolomů Bílina a ČSA předpokládané nároky** hodnocených velkých spalovacích zdrojích. Dle požadavku zadavatele je v této variantě předpokládáno spálení tohoto uhlí v novém zdroji, který je modelován jako náhrada za stávající elektrárnu Počerady. Emisní faktory tohoto „budoucího“ zdroje vycházejí z navrhovaných BAT/BREF pro velké spalovací zdroje<sup>1</sup>;

---

<sup>1</sup> dle dokumentace z Final TWG Meeting LCP BREF review, Seville (1. – 5. a 8. – 9. 6. 2015)

- 13) předmětem studie není posouzení environmentálních dopadů spojených s případným **vývozem hnědého uhlí**. V případě, že nebude vytěžené hnědé uhlí spáleno do roku 2050, předpokládají se pouze dopady a externality spojené s těžbou tohoto HU.
- 14) časové vymezení dopadů na životní prostředí a zdraví – hodnocení zahrnuje dopady vyvolané emitovaným hlukem a znečišťujícími látkami do ovzduší z těžby a emitovanými znečišťujícími látkami do ovzduší z výroby elektřiny a tepla ve velkých spalovacích zdrojích **v období let 2015-2050**. Některé z emitovaných (a hodnocených) znečišťujících látek však přetrvávají ve vnějším prostředí po řadu let, a mohou tak ovlivňovat zdraví a životní prostředí i za hraničním rokem 2050. Vzhledem k tomu, že tyto efekty souvisejí s aktivitami (těžbou resp. výrobou elektřiny a tepla) v hodnoceném období, jsou tyto dopady do hodnocení zahrnuty;
- 15) prostorové vymezení dopadů na životní prostředí a zdraví – dopady na životní prostředí a zdraví jsou primárně **kvantifikovány pro území a populaci České republiky**. Pro úplnost a možnost srovnání jsou rovněž uvedeny celkové dopady, tj. včetně těch dopadů, které přesahují hranice ČR, případně i dopady z emisí/imisí, u nichž nelze dopady stanovit pouze pro území ČR. Zahrnutí dalších dopadů vně území ČR je ospravedlnitelné i na základě reciprocity a altruismu, zvláště v případě, kdy se dopady vztahují k opatřením, která sledují sdílený cíl více zemí (např. klimatická politika EU);
- 16) kvantifikace **dopadů změny klimatu** způsobenou emisemi skleníkových plynů nebyla předmětem zadání studie. Tyto dopady uvádíme pro úplnost jako doplňkovou informaci o environmentálních dopadech spálení vytěženého hnědého uhlí. Tyto dopady jsou kvantifikovány prostřednictvím společenských nákladů uhlíku, které reflektují dopady změny klimatu zapříčiněné emisemi skleníkových plynů.

## 2.2. *Východiska řešení*

### emisní charakteristiky zdrojů znečišťování

- v případě těžby HU jsou emisní charakteristiky přebírány z dostupných studií hodnocení vlivu záměrů na životní prostředí (EIA).
- v případě užití uhlí pro výrobu elektřiny a tepla ve velkých spalovacích zdrojích jsou pro výchozí rok hodnocení použity emisní charakteristiky uvedené v databázi Registru emisí a zdrojů znečištění ovzduší (REZZO) a pro následující roky jsou tyto emisní charakteristiky upravené tak, aby reflektovaly náběh přísnějších emisních limitů stanovených legislativou ochrany ovzduší (vč. Národního přechodného plánu a připravovaných revizí BAT/BREF).

### hodnocené znečišťující látky

- do hodnocení dopadů na životní prostředí a zdraví jsou zahrnuty následující znečišťující látky – NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, SO<sub>2</sub>, NMVOC. U prvních tří polutantů jsou hodnoceny přímé účinky, v případě zbývajících tří polutantů jsou hodnoceny nepřímé účinky (tj. jako vliv prekurzorů sekundárních znečišťujících látek – ozonu, sulfátů a nitrátů).



- doplňkově jsou rovněž vyhodnoceny dopady z emisí těžkých kovů (Cd, Hg, As, Pb, Cr, Ni) a příspěvku emisí CO<sub>2</sub> ke škodám ze změny klimatu.
- v případě hodnocení dopadů z těžby HU jsou zohledněny pouze emise prашného aerosolu frakce PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> (emise ostatních znečišťujících látek jsou na základě poznatků uvedených v hodnoceních dopadů na životní prostředí nevýznamné).

#### modelování imisí a zasažené populace

- pro modelování imisní zátěže z primárních polutantů (NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>) byl použit rozptylový model ATEM a zasažená populace byla odvozena na základě prostorové analýzy rozložení populace dle údajů ze Sčítání lidu, bytů a domů (SLBD2011) aktualizovaných na rok 2015 (viz studie ATEM, 2015).
- pro modelování zátěže ze sekundárních polutantů (ozón, sulfáty a nitráty), vč. zasažené populace, byl využit integrovaný model EcoSenseWeb s modelovým meteorologickým pozadím uvažovaným pro rok 2020.

#### odvození fyzických dopadů na zdraví

- pro odvození fyzických dopadů na lidské zdraví v důsledku vystavení se modelovaným znečišťujícím látkám byly použity vztahy expozice-odezva ze studie WHO HRAPIE (2013), která je nejnovější evropskou syntézou stavu poznání v hodnocení vlivu znečištěného ovzduší na lidské zdraví.
- vývoj populace je zohledněn co do změny struktury populace, změna celkové velikosti populace není uvažována.
- zdravotní dopady jsou odvozeny pouze pro obyvatelstvo ČR, dopady na celou Evropu jsou uvedeny pouze v doplňkovém scénáři. Kvantifikace rovněž nezahrnuje dopady na zdraví u pracovníků podílejících se na těžbě a využití HU k výrobě elektřiny a tepla, u nichž se předpokládá, že případné poškození zdraví je zcela pokryto (internalizováno) příplatky za práci v rizikovém prostředí podle platné legislativy.

#### peněžní ocenění dopadů

- u peněžního oceňování vycházíme z neoklasické ekonomie a přístupů ekonomie blahobytu. V případech, kde existují tržní nebo stínové ceny, používají se při kvantifikaci externalit tyto ceny. Dopady na výnosy zemědělské produkce jsou oceněny tržními cenami, pro dopady na materiály a budovy se používají náklady údržby a oprav a dopady na biodiverzitu vychází z nákladů obnovy poškozeného území. Ocenění zdravotní dopadů vychází z přístupu ekonomie blahobytu, kdy měřítkem změny blahobytu v důsledku zhoršení zdraví je ekvivalentní (hicksovský) přebytek měřený ochotou platit (WTP) za vyhnutí se tomuto zhoršení. Přednostně jsou používány hodnoty ochoty platit za vyhnutí se hodnoceným dopadům, které byly získány v šetřeních na české populaci.
- hodnoty ochoty platit jsou vyjádřeny v cenové úrovni roku 2014. Ochota platit je podmíněna příjmem, a proto je předpokládáno, že se bude ochota platit v čase zvyšovat s příjmovou elasticitou ochoty platit 1,0. Konzistentně se studií PwC (2015) je uvažován konstantní roční nárůst mezd o 0,93 % (v tomto případě ale v celé ekonomice, nikoli pouze u skupin Severočeské doly a Severní energetická)
- ekonomické přínosy z emisí skleníkových plynů představují odhad peněžního efektu snížení dopadů klimatické změny, které je možné přisoudit určitému snížení emisí CO<sub>2</sub>. Mezní

náklady škod z emisí CO<sub>2</sub> jsou definovány jako čistá současná hodnota dodatečné škody vzniklé v důsledku malého zvýšení emisí CO<sub>2</sub> a představují společenské náklady uhlíku. Doporučené hodnoty společenských nákladů uhlíku pro tuto studii vychází z přehledu literatury.

### 3. Vymezení oblasti hodnocení a variant postupu těžby

#### 3.1. Dotčené území

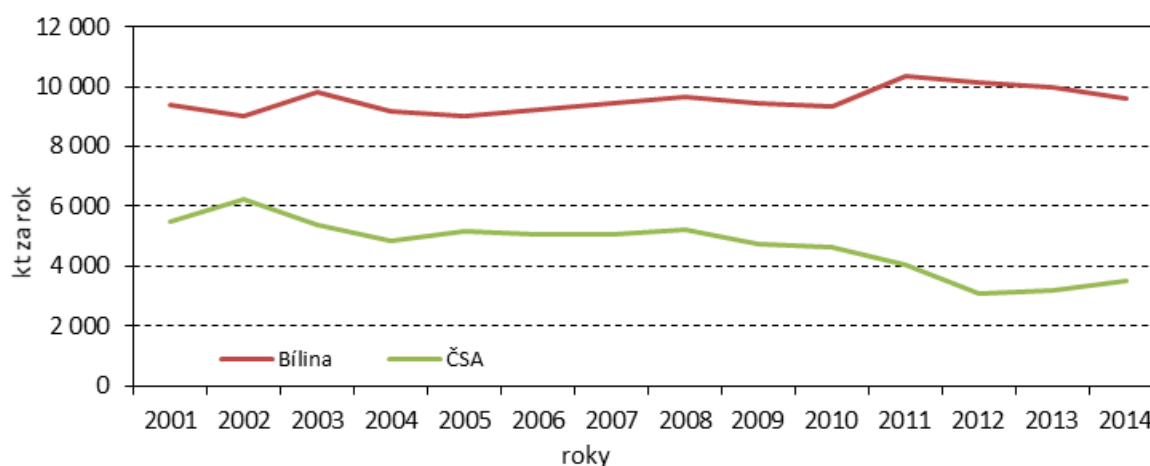
Posuzovaným územím je část severočeské hnědouhelné pánve (Mostecká pánev), administrativně spadající do Ústeckého kraje, kterého se týká usnesení vlády České republiky ze dne 30. října 1991 č. 444 ke zprávě o územních ekologických limitech těžby hnědého uhlí a energetiky v Severočeské hnědouhelné pánvi. Konkrétně se jedná o lom Bílina a lom Československé armády. Lom Bílina sestává ze třech dobývacích prostor - Bílina, Duchcov a Hrdlovka; lom ČSA provádí hornickou těžbu rovněž ve třech dobývacích prostorech - Ervěnice, Komořany a Dolní Jiřetín. Velkolomu ČSA je provozován Severní energetickou a. s., dceřinou společností skupiny Sev.en EC, velkolom Bílina je provozován těžební společností Severočeské doly, a. s., jež je součástí ČEZ, a. s.

V oblasti Severočeské hnědouhelné pánve platí od roku 1991 územní omezení na rozvoj lomové (povrchové) těžby hnědého uhlí. Omezení pro lomy Bílina a ČSA je stanoveno v usnesení vlády České republiky ze dne 30. října 1991 č. 444 ke zprávě o územních ekologických limitech těžby hnědého uhlí a energetiky v Severočeské hnědouhelné pánvi, které bylo potvrzeno a korigováno usnesením vlády České republiky ze dne 10. září 2008 č. 1176 k územně ekologickým limitům těžby hnědého uhlí v Severočeské hnědouhelné pánvi.

#### 3.2. Současná těžba ve velkolomech Bílina a ČSA

Vývoj roční hrubé těžby hodnocených velkolomů Bílina a ČSA v letech 2001 až 2014 představuje Obrázek 3. Lom ČSA má průměrnou výhřevnost HU 17,24 MJ/kg<sup>2</sup> a lom Bílina 14,58 MJ/kg.<sup>2</sup>

Obrázek 3 – Roční hrubá těžba hnědého uhlí v případových velkolomech Bílina a ČSA v letech 2001–2014 (v kilotonách)



Zdroj: SD (2015), Czech Coal (2012), data poskytnutá společností Severní energetická, a. s., prostřednictvím MPO

<sup>2</sup> Vážený průměr roku 2014 – zdroj MPO.

### 3.3. Plánovaná těžba v jednotlivých variantách ÚEL

Plánované těžby hnědého uhlí na velkolomech Bílina a ČSA jsou stěžejními předpoklady této studie. Tyto předpoklady jsou převzaty ze studie MPO (2015a), která rozlišuje následující 4 varianty úpravy územně ekologických limitů

Varianta 1: zachování územních ekologických limitů;

Varianta 2: prolomení územních ekologických limitů na velkolomu Bílina;

Varianta 3: prolomení územních ekologických limitů na velkolomu Bílina a částečné prolomení limitů na velkolomu ČSA (odpovídá využití uhlí za územními ekologickými limity cca na úrovni 47 mil. tun);

Varianta 4: prolomení územních ekologických limitů na velkolomu Bílina a ČSA.

Tabulka 4 uvádí plánované těžby hnědého uhlí na velkolomech ČSA a Bílina od roku 2016 do roku 2050. A Tabulka 5 ukazuje rozdíly v plánovaných těžbách ve variantách 2 až 4 oproti variantě 1.

Tabulka 4 – Vývoj těžby (mil. t/rok)

Důl a varianta/rok		2016	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
ČSA	var 1	3.25	2.50	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	var 2	3.25	2.50	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	var 3	3.25	2.50	5.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	var 4	3.25	2.50	2.15	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Bílina	var 1	9.55	7.25	5.50	3.60	3.60	0.00	0.00	0.00
	var 2	9.40	9.30	8.65	7.90	6.35	5.50	4.25	2.50
	var 3	9.40	9.30	8.65	7.90	6.35	5.50	4.25	2.50
	var 4	9.40	9.30	8.65	7.90	6.35	5.50	4.25	2.50
Celkem	var 1	12.80	9.75	7.30	3.60	3.60	0.00	0.00	0.00
	var 2	12.65	11.80	10.45	7.90	6.35	5.50	4.25	2.50
	var 3	12.65	11.80	13.65	13.90	6.35	5.50	4.25	2.50
	var 4	12.65	11.80	10.80	13.90	12.35	11.50	10.25	8.50

Tabulka 5 – Vývoj těžby - rozdíly oproti variantě 1 (mil. t/rok)

Důl a varianta/rok		2016	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
ČSA	var 2-var 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	var 3-var 1	0.00	0.00	3.20	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	var 4-var 1	0.00	0.00	0.35	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Bílina	var 2-var 1	- 0.15	2.05	3.15	4.30	2.75	5.50	4.25	2.50
	var 3-var 1	- 0.15	2.05	3.15	4.30	2.75	5.50	4.25	2.50
	var 4-var 1	- 0.15	2.05	3.15	4.30	2.75	5.50	4.25	2.50
Celkem	var 2-var 1	- 0.15	2.05	3.15	4.30	2.75	5.50	4.25	2.50
	var 3-var 1	- 0.15	2.05	6.35	10.30	2.75	5.50	4.25	2.50
	var 4-var 1	- 0.15	2.05	3.50	10.30	8.75	11.50	10.25	8.50

Pro účely této studie bylo nutné převést objem plánované těžby HU na obsaženou energii v uhlí. U velkolomu Bílina byla počita výhřevnost 14,58 MJ/kg a u velkolomu ČSA 17,24 MJ/kg do roku 2025 a od roku 2026 17 MJ/kg<sup>3</sup>. Tabulka 6 a Tabulka 7 tak uvádí vývoj těžby na velkolomech ČSA a Bílina od roku 2016 do roku 2050 a rozdíly variant 2 až 4 oproti variantě 1 vyjádřené v PJ.

Tabulka 6 – Vývoj těžby (PJ)

Důl a varianta/rok		2016	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
ČSA	var 1	56.0	43.1	31.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	var 2	56.0	43.1	31.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	var 3	56.0	43.1	86.2	102.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	var 4	56.0	43.1	37.1	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0
Bílina	var 1	139.2	105.7	80.2	52.5	52.5	0.0	0.0	0.0
	var 2	137.1	135.6	126.1	115.2	92.6	80.2	62.0	36.5
	var 3	137.1	135.6	126.1	115.2	92.6	80.2	62.0	36.5
	var 4	137.1	135.6	126.1	115.2	92.6	80.2	62.0	36.5
Celkem	var 1	195.3	148.8	111.2	52.5	52.5	0.0	0.0	0.0
	var 2	193.1	178.7	157.1	115.2	92.6	80.2	62.0	36.5
	var 3	193.1	178.7	212.3	217.2	92.6	80.2	62.0	36.5
	var 4	193.1	178.7	163.2	217.2	194.6	182.2	164.0	138.5

Zdroj: vlastní přepočty z MPO (2015a)

Tabulka 7 – Vývoj těžby - rozdíly oproti variantě 1 (PJ)

Důl a varianta/rok		2016	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
ČSA	var 2-var 1	0	0	0	0	0	0	0	0
	var 3-var 1	0	0	55.168	102	0	0	0	0
	var 4-var 1	0	0	6.034	102	102	102	102	102
Bílina	var 2-var 1	-2.187	29.889	45.927	62.694	40.095	80.19	61.965	36.45
	var 3-var 1	-2.187	29.889	45.927	62.694	40.095	80.19	61.965	36.45
	var 4-var 1	-2.187	29.889	45.927	62.694	40.095	80.19	61.965	36.45
Celkem	var 2-var 1	-2.187	29.889	45.927	62.694	40.095	80.19	61.965	36.45
	var 3-var 1	-2.187	29.889	101.095	164.694	40.095	80.19	61.965	36.45
	var 4-var 1	-2.187	29.889	51.961	164.694	142.095	182.19	163.965	138.45

Zdroj: vlastní přepočty z MPO (2015a)

Kvůli zjednodušení byl po dohodě se zadavatelem ve studii použit vážený průměr výhřevností z velkolomu Bílina a ČSA na úrovni 15,3 MJ/kg. Tato hypotetická směs HU z velkolomu Bílina a ČSA byla vstupem pro všechny uvažované zdroje na základě jejich plánované spotřeby, kterou uvádí Tabulka 8.

<sup>3</sup> Zdroj údajů o výhřevnosti: MPO

Tabulka 8 – Struktura odbytu těžby a plánovaná spotřeba (mil. t/rok)

Kategorie zdroje a varianta / rok		2016	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	Celkem 2015-2050
Elektrárny	var 1	6.48	5.21	4.17	2.01	2.08	0.00	0.00	0.00	88.98
	var 2	6.40	6.31	5.97	4.42	3.67	3.43	1.95	1.19	155.90
	var 3	6.40	6.31	7.80	7.77	3.67	3.43	1.95	1.19	180.28
	var 4	6.40	6.31	6.17	7.77	7.14	7.17	5.98	4.55	247.25
Velké teplárny	var 1	3.80	2.63	1.80	0.82	0.83	0.00	0.00	0.00	44.14
	var 2	3.75	3.18	2.58	1.80	1.47	0.97	1.19	0.72	73.67
	var 3	3.75	3.18	3.37	3.17	1.47	0.97	1.19	0.72	84.17
	var 4	3.75	3.18	2.67	3.17	2.85	2.03	2.20	2.16	102.35
Střední teplárny	var 1	0.60	0.48	0.39	0.20	0.16	0.00	0.00	0.00	8.42
	var 2	0.59	0.58	0.56	0.45	0.29	0.26	0.20	0.12	14.49
	var 3	0.59	0.58	0.74	0.79	0.29	0.26	0.20	0.12	16.93
	var 4	0.59	0.58	0.58	0.79	0.56	0.55	0.37	0.35	20.58
Malé teplárny	var 1	0.43	0.31	0.16	0.08	0.08	0.00	0.00	0.00	4.67
	var 2	0.43	0.38	0.23	0.18	0.14	0.13	0.12	0.07	7.76
	var 3	0.43	0.38	0.30	0.31	0.14	0.13	0.12	0.07	8.75
	var 4	0.43	0.38	0.24	0.31	0.27	0.26	0.23	0.21	10.72
Závodní energetiky	var 1	1.50	1.11	0.77	0.48	0.44	0.00	0.00	0.00	19.47
	var 2	1.48	1.35	1.10	1.06	0.78	0.71	0.79	0.41	36.95
	var 3	1.48	1.35	1.44	1.86	0.78	0.71	0.79	0.41	42.33
	var 4	1.48	1.35	1.14	1.86	1.52	1.49	1.47	1.22	54.02
Celkem	var 1	12.80	9.75	7.30	3.60	3.60	0.00	0.00	0.00	165.68
	var 2	12.65	11.80	10.45	7.90	6.35	5.50	4.25	2.50	288.78
	var 3	12.65	11.80	13.65	13.90	6.35	5.50	4.25	2.50	332.47
	var 4	12.65	11.80	10.80	13.90	12.35	11.50	10.25	8.50	434.92

## 4. Metodický postup řešení

### 4.1. *Externality a přístup funkce škody*

Ekonomické aktivity jako je těžba uhlí a výroba elektřiny a tepla slouží (především) k uspokojování lidských potřeb. Vedle řady přímých a nepřímých přínosů s sebou však nesou také různé druhy problémů, mimo jiné i negativní vlivy na životní prostředí a lidské zdraví. Z ekonomického pohledu představují tyto dopady dodatečné náklady, které určitým způsobem dopadají na společnost a většinou nejsou zprostředkovány (a tedy ani kompenzovány) trhem.

Rozdíl mezi společenskými a soukromými náklady (přínosy) představuje tzv. externí efekty neboli externality. Jedná se o náklady, které daný subjekt přenáší na jiné subjekty, aniž by je kompenzoval, nebo přínosy, které daný subjekt přináší jiným, aniž by za tyto přínosy získával kompenzaci. Koncept externalit je v ekonomii široce známý a používaný, obecně se přijímá, že externality jsou jedním z případů selhání trhu. Selhání trhu v případě externalit souvisí primárně s absencí vlastnických práv, méně pak s dalšími případy tržního selhání jako je informační asymetrie anebo koordinační problém.

Podle Verhoefa (2002) k externímu efektu dochází tehdy, jestliže funkce užítu (případně produkční funkce) jednatelova subjektu (příjemce) zahrnuje reálnou proměnnou, jejíž aktuální hodnota závisí na chování jiného subjektu (dodavatel), který tyto efekty svého chování nezohledňuje při svém rozhodování. Podmínka, že se musí jednat o reálnou proměnnou, přitom znamená, že mezi externality nejsou zahrnuty vztahy běžné ekonomické závislosti, které procházejí trhem, aniž by narušovaly koordinační a alokační funkci trhu (tzv. pekuniární vztahy). Teprve u technologických externích efektů (označovaných někdy jako externality v užším slova smyslu) aktivity určitých subjektů ovlivňují přímo produkční a užítkovou funkci jiných subjektů, a trh u nich nezajišťuje úhradu externích efektů poškozenému. Podmínka, že se jedná o efekty, které dodavatel nezahrnuje do svého rozhodování, rovněž znamená, že za externality nejsou považovány ani vztahy typu směnného obchodu, úmyslného trestného činu, altruistické nebo dobročinné jednání.

Podle toho, zda jsou na jiné subjekty přenášeny přínosy nebo náklady, rozlišujeme externality pozitivní a negativní. Pozitivní externality ovlivňují pozitivně produkční a užítkovou funkci jiných subjektů, negativní externality je ovlivňují negativně. Tato studie se pak zabývá negativními externalitami především v podobě zhoršení zdraví vyvolané expozicí obyvatelstva znečištěním ovzduší, k němuž přispívají právě i hodnocené procesy těžby a výroby elektřiny a tepla.

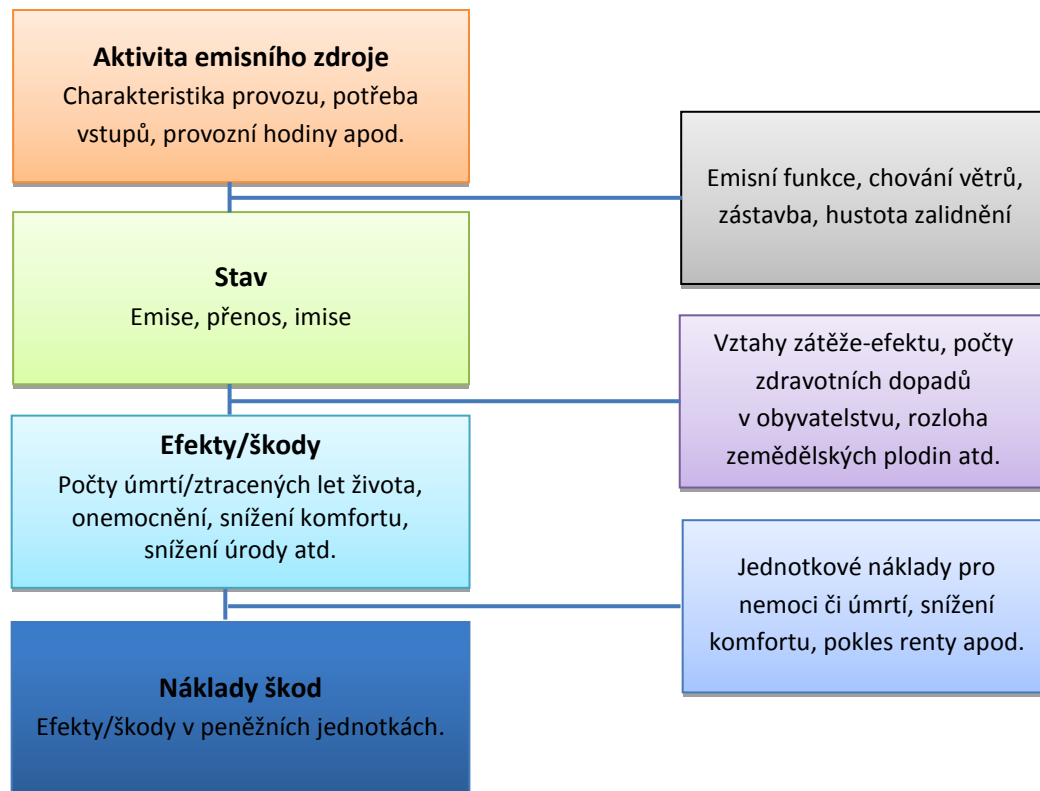
#### **Přístup funkce škody**

Přístup funkce škody pro oceňování dopadů na životní prostředí, lidské zdraví a statky je obecně uznávaným analytickým přístupem k oceňování environmentálních externalit (Freeman, 2003). Pro některé typy environmentálních externalit – typicky u emisí škodlivin – bývá přístup funkce škody nazýván jako přístup dráhy působení (*Impact Pathway Analysis – IPA*), který se postupně rozvíjel v řadě projektů podporovaných Evropskou komisí, souhrnně nazývaných ExternE (*externalities of Energy*) (Bickel & Friedrich, 2004).

IPA sleduje jednotlivé dráhy dopadu a to od zátěže (emisí) ke stavu (koncentrace a depozice/expozice). Následuje kvantifikace příslušných fyzických dopadů na lidské zdraví (úmrtí a nemocnost), na úrodu, stavební materiály a ekosystémy. Fyzický dopad je oceněn

v peněžních jednotkách, v případě statků a služeb obchodovaných na trhu pomocí tržních cen, u netržních statků s využitím netržních metod oceňování (viz dále). Přístup dráhy působení sleduje cesty znečišťující látky (resp. hluku) od zdroje, který danou emisi vypouští, až po receptor (obyvatelstvo, úroda, lesy, budovy atd.), na které působí škodlivý dopad.

Obrázek 4 - schéma přístupu funkce škody u environmentálních externalit



Schematicky lze postup odhadu ekonomických dopadů environmentální zátěže, vycházející z přístupu funkce škody, rozdělit do následujících logicky provázaných kroků:

- inventarizace zdrojů a charakteristik emisí zátěže ve stávajícím stavu a variantním stavu (uvažované jako mezní změna), vyjádřené v čase, místě a charakteristikách emise zátěže,
- modelování (a/nebo měření) disperze emitované zátěže v prostředí,
- odhad změny expozice receptorů (obyvatel, materiálů, zemědělských plodin atd.) příslušnému indikátoru stavu (např. koncentrace znečišťující látky, hladina hluku  $L_{dvn}$  apod.),
- odhad velikosti účinku (odezvy) vyvolaného změnou expozice pomocí funkcí expozice-odezva, vyjadřujících příčinný vztah (resp. zpravidla vztah asociace) mezi hodnotou indikátoru stavu a specifickým účinkem (počty dodatečných případů zhoršení zdraví, počty osob obtěžovaných hlukem),
- stanovení ekonomických hodnot pro jednotlivé dopady (ocenění za případ, časové období či jinou měřitelnou jednotku) s využitím oceňovacích metod, výpočet ekonomických přínosů provedených opatření,



- vyjádření celkové změny externích nákladů jako rozdílu mezi externími náklady ve stávajícím a variantním stavu.

Přístup funkce škody je konzistentní s přístupy k hodnocení rizik i s neoklasickou ekonomikou teorií, jedná-li se o hodnocení mezní změny nebo mezní analýzu. V tomto ohledu se jedná o zjednodušení v podobě ocenění předpokládaného vztahu mezi dávkou a výsledným dopadem bez zohlednění změny poptávky či nabídky v důsledku hodnocené změny<sup>4</sup>. Tento přístup umožňuje vyjádřit, jak se změna environmentálních efektů (např. emisí) v důsledku realizace varianty projektu projeví na blahobytu společnosti, resp. jaký dopad bude mít dodatečná jednotka environmentálního efektu (např. emise).

## **4.2. Modelové prostředí na rozptyl znečišťujících látek a hluku**

Výpočet emisí prашného aerosolu a hluku z těžby a jejich rozptylu v okolním prostředí, stejně tak jako kvantifikace emisí znečišťujících látek z využití uhlí pro výrobu elektřiny a tepla a jejich rozptyl, byly předmětem komplementární studie *Kvantifikace environmentálních dopadů (znečištění ovzduší a hlukové zátěže obyvatel) z povrchové těžby hnědého uhlí v Severočeské hnědouhelné pánvi v těžebních lokalitách velkolomů Bílina a ČSA a využití vydobytého hnědého uhlí ve spalovacích procesech pro výrobu elektřiny a tepla na území ČR* (ATEM, 2015). Pro detailní popis způsobu výpočtu emisí a modelování rozptylu s využitím atmosférického disperzního modelu ATEM a modelu šíření hluku HLUK+ odkazujeme čtenáře na uvedenou studii.

Pro modelování rozptylu sekundárních polutantů (troposférického ozónu a sekundárních anorganických aerosolů sulfátů a nitrátů) a těžkých kovů pro základní scénář (dopady na obyvatelstvo ČR) a pro modelování rozptylu všech hodnocených znečišťujících látek na region Evropy byl použit integrovaný model hodnocení EcoSense. Jedná se o komplexní model pro hodnocení externích nákladů jednotlivých energetických technologií, který byl vytvořen v rámci projektů řady ExternE. Aktuální stav modelu EcoSense koresponduje s výsledky evropského projektu NEEDS<sup>5</sup>, v rámci kterého byla vytvořena verze EcoSenseWeb V1.3<sup>6</sup>; detailní popis modelu EcoSenseWeb V1.3 lze nalézt v technické dokumentaci (Preiss & Klotz, 2008).

Pomocí modelu EcoSenseWeb V1.3 lze kvantifikovat významné dopady na lidské zdraví, zemědělskou produkci, ekosystémy materiály budovy, které vznikají v důsledku znečišťování ovzduší z energetických procesů. Verze EcoSenseWeb V1.3 zahrnuje parametry pro výpočet rozptylu mnoha škodlivých látek, včetně klasických polutantů, jako jsou SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, tuhé částice frakce PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>, také některé těžké kovy a organické látky NMVOC a NH<sub>3</sub>. Současně lze modelovat i zvýšení koncentrací sekundárních polutantů typu ozonu, sulfátů a nitrátů.

---

<sup>4</sup>Zásadní problém u mnohých netržních statků spočívá v nemožnosti identifikovat funkci nabídky nebo poptávky. Přístup funkce škody se s tímto nedostatkem vyrovnává tak, že předpokládá, že v důsledku změny kvality environmentálního statku není ovlivněna tržní cena statků, jejichž produkce je vázaná na tento environmentální statek. To však platí pouze pro některé případy, např. je-li vliv na změny kvality environmentálního statku na produkci malý nebo nemá-li producent možnost ovlivnit tržní cenu, viz podrobněji např. McConnell a Bockstael (2005).

<sup>5</sup> NEEDS – New Energy Externalities Development for Sustainability. Informace o projektu jsou dostupné na <http://www.needs-project.org/>

<sup>6</sup> Tento model je dostupný na stránkách <http://ecosenseweb.ier.uni-stuttgart.de/>

Rozptyl emisí PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>x</sub> a SO<sub>2</sub> je modelován v modelu EcoSenseWeb V1.3 na lokální a regionální úrovni, také je modelován mezikontinentální přenos látek v oblasti severní hemisféry Země. Pro regionální úroveň je využíván Windrose Trajectory Model (Trukenmüller a Friedrich 1995), na lokální úrovni, tj. do 50 km od zdroje znečištění, model Industrial Source Complex (Brode a Wang 1992). Ozon je modelován pomocí MSC-W modelu (Simpson 1992).

V případě analýzy dráhy dopadu těžkých kovů jsou užity komplexní nástroje modelující průtok látky prostředím končící v receptorech vdechnutím nebo jejím požitím (přes potravní řetězec)<sup>7</sup>. V rámci modelu EcoSenseWeb V1.3 jsou pro dopady těžkých kovů – kadmium (Cd), rtuť (Hg), olovo (Pb), arsen (As), chrom (Cr), šestimocný chrom (Cr-VI), nikl (Ni) – použity parametrizované peněžní odhady na tunu dané škodliviny.

Součástí modelu EcoSenseWeb V1.3 jsou komplexní databáze obsahující data o receptorech (populace, využití půdy, zemědělská produkce, budovy a materiály atd.), meteorologická data a data emisí za celou Evropu. Dále jsou v něm integrovány funkce koncentrace (dávka) – odpověď a peněžní hodnoty – tyto parametry však byly dále upraveny podle sady funkcí koncentrace odezva a lokalizovaných monetárních hodnot popsaných v následujících podkapitolách.

Výpočet emise oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>) pro doplňkový scénář, který se zabývá hodnocením škod spojených se změnou klimatu, byl realizován mimo model EcoSenseWeb V1.3. Pro výpočet emise skleníkového plynu CO<sub>2</sub> byl použit národně specifický emisní faktor pro sektor energetiky z národní inventarizační zprávy NIR (National Inventory Report) pro Českou republiku, jejíž tvorbou je pověřen Český hydrometeorologický ústav (CHMU 2014). Výsledná hodnota emisního faktoru 97,99 t CO<sub>2</sub>/TJ je platná pro spalování hnědého uhlí v sektoru energetiky a je upravena o oxidační faktor.

### **4.3. Odvození fyzických dopadů environmentální expozice na zdraví**

#### **4.3.1. Funkce expozice-odezva pro vliv znečištěného ovzduší**

Jako kvantitativní vyjádření vztahů mezi koncentracemi příslušných znečišťujících látek a negativními zdravotními účinky v důsledku krátko- i dlouhodobé expozice jsou použity doporučené funkce koncentrace-odezva z projektu WHO HRAPIE (WHO, 2013). Tato sada byla sestavena pro hodnocení nákladů a přínosů evropských politik zaměřených na znečištění ovzduší, mj. *Cost-benefit analysis of EU Clean Air Package* (Holland, 2014).

Vztahy expozice-odezva doporučené projektem HRAPIE jsou rozděleny do dvou skupin podle robustnosti empirické evidence (vztahy uvedené ve skupině A umožňují spolehlivou kvantifikaci dopadů, u skupiny B je kvantifikace zatížena vyšší mírou nejistoty). Dále je u každého vztahu uvedeno, zda je jeho efekt aditivní v příslušné skupině či nikoli.

Pozadové míry účinku byly dle dostupnosti dat upraveny pro ČR (četnosti hospitalizací, pracovních neschopností, úmrtnostní tabulky). Výpočet dopadů dlouhodobé expozice prachovým částicím byl

---

<sup>7</sup> Bližší informace lze nalézt ve zprávách projektů ESPREME a DROPS, financovaných v rámci 6. rámcového programu EU.

odhadnut na základě statistických dat o věkovém složení obyvatelstva a úmrtnostních tabulek publikovaných ČSÚ za rok 2013 s využitím modelu IOMLIFET 2013 (Miller, 2013), jako dopad jednorázového ročního nárůstu koncentrací (viz blíže Miller & Hurley, 2006).

Tabulka 9 – použité vztahy koncentrace-odezva pro znečišťující látky  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ,  $NO_2$  a  $O_3$

Metrika	Účinek na zdraví	Relativní riziko (95% i.s.) na $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Pozad'ová míra četnosti účinku	Věková skupina	Skupina
Dlouhodobá expozice PM					
$PM_{2.5}$ , roční průměr	úmrtnost (všechny příčiny)	1.062 (1.040–1.083)	dle úmrtnostních tabulek <sup>†</sup>	dospělí 30 let a starší	A*
$PM_{10}$ , roční průměr	ponovorozenecká (kojenecká) úmrtnost (všechny příčiny)	1.04 (1.02, 1.07)	dle statistiky ÚZIS	kojenci věk 1-12 měsíců	B*
$PM_{10}$ , roční průměr	prevalence bronchitidy u dětí	1.08 (0.98–1.19)	průměrná prevalence 18.6% (PATY; d./h. meze 6-41%)	6-12 let (alt. 6-18 let)	B*
$PM_{10}$ , roční průměr	incidence chronické bronchitidy	1.117 (1.040–1.189)	3.9 případu na 1000 dospělých (SAPALDIA)	27 let a více (alt. 18 a více)	B*
Krátkodobá expozice PM					
$PM_{2.5}$ , denní průměr	hospitalizace s kardiovaskulárními onemocněními	1.0091 (1.0017–1.0166)	3035 případů na 100 000 osob (MKN-10 I00-I99)	všechny	A*
$PM_{2.5}$ , roční průměr	hospitalizace s respiračními onemocněními	1.019 (0.9982–1.0402)	1301 případů na 100 000 osob (MKN-10 J00-J99)	všechny	A*
$PM_{2.5}$ , roční průměr	dny s omezenou aktivitou (RAD)	1.047 (1.042–1.053)	19 RAD na osobu a rok	18-64 let	B**
$PM_{2.5}$ , roční průměr	dny pracovní neschopnosti (WLD)	1.046 (1.039–1.053)	12,3 dne na osobu a rok	20-65 let	B*
$PM_{10}$ , roční průměr	prevalence příznaků astmatu u astmatických dětí	1.028 (1.006–1.051)	Prevalence (vých. Evropa) 3.5%; denní incidence příznaků 17%	5-19 let)	B*
Krátkodobá expozice – $O_3$					
SOMO35 (konverze na roční denní maximální 8-hod. průměry přesahující 35 ppb)	úmrtnost (všechny příčiny)	1.0029 (1.0014–1.0043)	Statistika úmrtnosti	všechny	A*
SOMO35 (konverze na roční denní maximální 8-hod. průměry přesahující 35 ppb)	hospitalizace, kardiovaskulární (mimo mozkovou mrtvici) a respirační onemocnění	kardiovas: 1.0089 (1.0050–1.0127); respirační: 1.0044 (1.0007–1.0083)	kardiovas: 63.2 na 1000 obyv. resp.: 20 na 1000 obyv. (MKN-10 kódy I00–I52; J00–J99)	65 a více let	A*
SOMO35 (konverze na roční denní maximální 8-hod. průměry přesahující 35 ppb)	dny s mírně omezenou aktivitou (MRADs)	1.0154 (1.0060–1.0249)	7.8 dní za rok	všechny	B*
Dlouhodobá expozice – $NO_2$					
$NO_2$ , roční průměr	prevalence bronchitických příznaků u astmatických dětí	1.021 (0.990–1.060) per $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	prevalence astmatu (vých. Evr.) 5.1% (SD 2.7%); prevalence symptomů 21.1%-38.7%	5-14 let	B*
Krátkodobá expozice – $NO_2$					
$NO_2$ , roční průměr	úmrtnost (všechny příčiny)	1.0027 (1.0016–1.0038)	Statistika úmrtnosti <sup>††</sup>	všechny	A*

Zdroj: WHO (2013), Holland (2014a), upraveno

Pozn.: \* efekty aditivní v příslušné skupině.

\*\* netRAD po odpočtu WLD, respiračních a kardiovaskulárních hospitalizací a dnů s příznaky.

† výpočet modelem IOMLIFET

†† ve shodě s Hollandem (2014a) předpokládáme, že každé (předčasné) úmrtí vede v průměru ke ztrátě jednoho roku pravděpodobnosti dožití.

Pro výpočet škály celkových nákladů a přínosů je doporučeno použít výpočet restriktivní sady dopadů založený na součtu za skupinu A\* a výpočet rozšířené sady dopadů založené na součtu za skupiny A\* a B\*. Dále jsou stanoveny postupy pro odvození míry nejistot odhadu, které v této studii nebyly z časových důvodů realizovány.

S ohledem na relativně atypický poměr frakcí  $PM_{10}$  a  $PM_{2.5}$  u těžby je výše uvedená sada funkcí ještě rozšířena na základě úpravy funkcí expozice-odezva pro  $PM_{2.5}$  pro expoziční zátěž  $PM_{10}$ . Zejména se to týká funkce dopadu na chronickou úmrtnost, kde je možné využít hodnotu relativního rizika 1,04 na  $10 \mu g/m^3$ , která byla publikována v meta-analýze Beelena a kol. (2014). Pro ostatní vztahy expozice-odezva pro  $PM_{2.5}$  byl použit postup převodu, který v opačném směru (tj. funkcí expozice-odezva pro  $PM_{10}$  na funkce pro  $PM_{2.5}$ ) byl použit pro případové studie zpracované v evropském projektu HEIMTSA (IOM, TNO, JRC 2011). Tento postup vypadá ve formalizované podobě následovně:

$$PM_{10} CRF = \exp(\ln(PM_{10} CRF)) = \exp(\ln(PM_{2.5} CRF) \times \text{konverzní faktor})$$

kde CRF je příslušná funkce expozice-odezva a konverzní faktor je použit ve výši 0.7, který odpovídá průměrnému poměru mezi  $PM_{2.5}$  a  $PM_{10}$  ve vnějším ovzduší dle dat (5letých průměrů ČHMÚ).<sup>8</sup>

#### 4.3.2. Funkce expozice-odezva pro vliv hluku

Rozsah hodnocení dopadů hluku z těžby a souvisejících provozů je omezen na dopady na obyvatele v okolí zdroje hluku (komunitní hluk), nikoli v důsledku expozice zaměstnanců (hluk v pracovním prostředí). Při hodnocení dopadů expozice komunitnímu hluku z těžby a souvisejících provozů vycházíme z přístupu funkce škody (*damage function approach*), jehož klíčovým předpokladem je funkční vztah asociace mezi úrovní hluku (vyjádřenou příslušným hlukovým indikátorem) a zdravotními efekty.<sup>9</sup> Dopady environmentálního (komunitního) hluku na populaci zahrnují rozličné behaviorální a sociální odezvy, akutní a chronické fyziologické odezvy, kognitivní odezvy a klinická onemocnění. Pro hodnocení dopadů komunitního hluku z povrchové těžby jsou použity zobecněné funkce expozice-odezva pro stacionární zdroje a obtěžování hlukem<sup>10</sup>, které byly odvozeny ve studii Miedema a Vos (2004), resp. jejich logistická aproximace v dánském Genlyd modelu (Pedersen, 2007):

---

<sup>8</sup> Tento poměr odpovídá poměru pozadových koncentrací nikoli imisnímu příspěvku těžby, který je však v poměru k pozadovým koncentracím velmi malý. S tímto předpokladem je nicméně výpočet dopadů z převedených funkcí expozice-odezva horní hranicí odhadu dopadů.

<sup>9</sup> Viz podrobněji v Metodice hodnocení hluku z dopravy (Máca a kol., 2012).

<sup>10</sup> Obtěžování hlukem (*annoyance*)<sup>10</sup> je považováno spíše za psychosociální příznak než za klinickou diagnózu a je definováno jako „pocit nelibosti spojený s působením činitele nebo podmínek, o kterých jedinec nebo skupina ví nebo se domnívá, že na ně negativně působí“ nebo jako „pocit nelibosti, nespokojenosti, nepohodlí nebo nátlaku, který se vyskytuje při interferenci hluku s přemýšlením, cítěním nebo denními aktivitami“ (cit. in WHO 2000).

$$\%XA = \frac{100}{1 + e^{-s(L_{dvn}-f)}}$$

kde  $L_{dvn}$  je průměrný roční vážený součet penalizovaných hlukových ukazatelů za období dne a proměnné  $s$  a  $f$  nabývají pro tři úrovně obtěžování (lehké, střední a silné) následujících hodnot:

Úroveň obtěžování		$s$	$f$
lehce	% LA	0.0913	62.0
středně	% A	0.1018	69.6
silně	% HA	0.1219	74.8

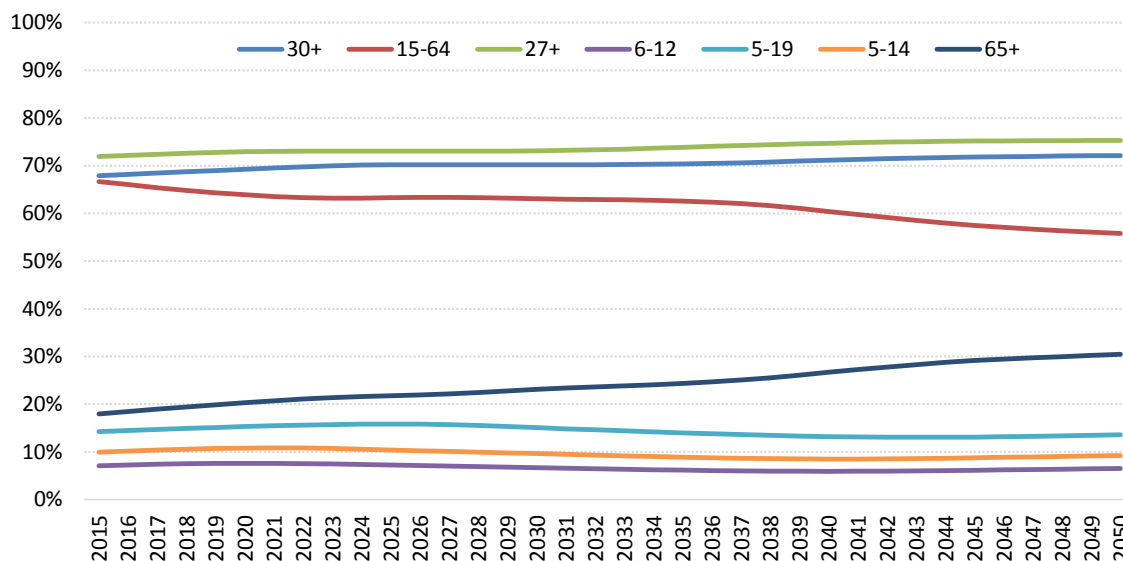
Uvedený vztah je platný pro rozsah hlukového indikátoru  $L_{dvn}$  35-65 dB.

#### 4.3.3. Data o populaci

S ohledem na délku hodnoceného období je na místě zohlednit předpokládané změny co do velikosti a věkového složení populace ČR. Zatímco ČSÚ ve svých projekcích (ČSÚ 2004, 2013) ve střední variantě předpokládá spíše pokles celkového počtu obyvatel v období do roku 2050, prognóza populačního vývoje zpracovaná pro MPSV (Burcin & Kučera, 2010) naopak ve střední variantě předpokládá, že počet obyvatel spíše poroste. S ohledem na protichůdnost těchto projekcí a předpokládané relativně malé změny celkového počtu obyvatel je počet obyvatel po celé hodnocené období považován za konstantní.

Citované projekce se naopak rámcově shodují v predikci změn věkové struktury populace (postupné stárnutí populace). V tomto ohledu predikce shodně předpokládají nárůst podílu populace 65+ (z 18 % na cca 31 %) a pokles podílu produktivní populace 15-64 let (z 67 % na cca 56 %), u ostatní věkových skupin nejsou změny tak výrazné. Pro vyhodnocení dopadů u věkově specifických funkcí expozice-odezva jsou použity průměrné hodnoty ze středních variant dvou výše uvedených projekcí, uvedené v následujícím grafu.

Obrázek 5 – vývoj relativního zastoupení věkových skupin v populaci v období 2015-2050



#### 4.4. Monetární ocenění dopadů na zdraví

Dopady na blahobyt v důsledku strpění nebo odvracení negativního vlivu expozice znečištění či hluku mohou zahrnovat následující komponenty:

- náklady spojené s léčbou onemocnění v důsledku expozice, včetně nákladů obětované příležitosti času stráveného léčením,
- ušlou mzdu, resp. snížení či ztrátu produktivity (společenské hledisko),
- obranné výdaje spojené s úsilím zabránit škodlivému působení emisí a hluku a dalším vlivům,
- nepohodu spojenou s příznaky onemocnění a ušlou příležitost trávení volného času,
- snížení průměrné délky života / zvýšení rizika předčasného úmrtí.

U různých dopadů můžeme kvantifikovat některé či všechny z uvedených komponent celkové ekonomické hodnoty změny blahobytu, přitom je však třeba dbát na to, aby nedocházelo k dvojímu započtení efektů na změnu blahobytu.

Peněžní hodnoty používané v tomto hodnocení byly získány v průběhu let 2004 – 2014 v několika empirických šetřeních realizovaných v rámci projektů řešených na COŽP UK. V následujících odstavcích je stručně shrnuto, co tyto hodnoty zahrnují a jsou uvedeny reference na původní studie, z nichž jsou tyto hodnoty převzaty.

Ocenění zvýšeného rizika předčasného úmrtí představuje nejvýznamnější kvantifikovaný dopad a jako takovému je mu věnována výrazná pozornost. Zhruba do poloviny 90. let minulého století byly dopady znečištěného ovzduší na úmrtnost počítány jako prostý součin předčasných úmrtí a hodnoty statistického života. Posléze se však stále více objevovaly výhrady k tomuto přístupu, neboť znečištěné ovzduší není jedinou a hlavní příčinou jednotlivých úmrtí, působí jako přispívající faktor; z téhož důvodu není celkový počet předčasných úmrtí přímo pozorovatelný (na rozdíl od primárních příčin, např. smrtelných nehod); prostý počet předčasných úmrtí rovněž maskuje, o jak velkou ztrátu

věku dožití se v konkrétním případě jedná (v případě znečištění ovzduší se zpravidla jedná o jednotky měsíců, na rozdíl např. od dopravních nehod, kde se jedná o desítky let).<sup>11</sup> Ocenění VOLY vychází ze studie Desaignes et al. (2011), která byla realizována rovněž v ČR, avšak vzhledem k relativně malému českému vzorku (N=197), je použit odhad ochoty platit za trojici středoevropských států, v nichž bylo toto šetření realizováno (ČR, Polsko a Maďarsko).

Ocenění kojenecké úmrtnosti je principiálně obdobné jako ocenění předčasného úmrtí, avšak prakticky to není možné, neboť chybí zásadní vstupní parametr – o ztrátu kolika let života se v daném případě jedná. Za této situace je ocenění hodnotou VSL relativně dobrým substitutem, i když i zde panuje nejednotnost ohledně rozdílného ocenění VSL pro děti a pro dospělé. Recentní meta-analýza hodnot statistického života (OECD, 2012) v tomto ohledu doporučuje, aby hodnota VSL pro děti byla 1,5 až 2 krát vyšší než VSL pro dospělé. Hodnota VSL pro ocenění kojenecké úmrtnosti v podmínkách ČR je převzata ze studie Alberini a Ščasného (2011), kteří v ekonometrickém modelu pro úmrtí na respirační onemocnění uvádějí hodnotu 23 mil. Kč (pro dospělého pak uvádí hodnotu 14,6 mil. Kč, tj. poměr mezi nimi odpovídá doporučení meta-analýzy OECD).

Ocenění akutních dopadů respiračních onemocnění (hospitalizace s respiračními chorobami, den s omezenou aktivitou a den s mírně omezenou aktivitou) je odvozeno z valuační studie v 5 evropských zemích (Ready et al., 2004), která byla posléze v roce 2005 replikována i v ČR (Ščasný a kol., 2006). Pro ocenění hospitalizací s respiračními a s kardiovaskulárními chorobami jsou rovněž zohledněny přímé náklady na léčení.

Ocenění vybraných respiračních onemocnění bylo realizováno rovněž u dětí (přístupem rodičovské suverenity) v roce 2005 ve společném projektu Ústavu experimentální medicíny a COŽP UK<sup>12</sup> v regionech Teplic a Prachatic. Ocenění bronchitidy u dětí je počítáno jako průměr mezi oceněním lehké a těžké bronchitidy u dětí a zahrnuje přímé a nepřímé náklady a ocenění ochoty platit za vyhnutí se tomuto onemocnění. I když se patrně jedná o mírné nadhodnocení (incidence lehkých bronchitid budou v celkovém počtu nepochybně vyšší než incidence těžkých bronchitid), určitou korekci představuje skutečnost, že je počítáno pouze s jedním (dodatečným) případem bronchitidy za rok.

V roce 2010 bylo v šesti evropských zemích (včetně ČR) realizováno šetření k ocenění vyhnutí se chronickým respiračním onemocněním, konkrétně třem úrovním závažnosti chronické obstrukční plicní nemoci (Máca a kol., 2011). Pro ocenění nového případu chronické bronchitidy je použit prostý průměr ochoty platit za vyhnutí se za tři úrovně závažnosti chronické obstrukční plicní nemoci (CHOPN). Z tohoto výzkumu jsou převzaty i hodnoty ochoty platit za vyhnutí se obtížím spojeným s astmatickým záchvatem a dne s mírně omezenou aktivitou (den s příznaky kašle).

Pro oceňování obtěžování hlukem ze stacionárních zdrojů jsou převzaty hodnoty ochoty přijmout kompenzaci za strpění obtěžování hlukem z dopravy (Máca & Urban, 2012). I když se v případě hluku z těžby nepochybně jedná o charakterově odlišný typ hluku, měla by tato rozdílnost být v dominantní části zachycena v příslušných funkcích expozice-odezvy.<sup>13</sup>

---

<sup>11</sup> Dlužno podotknout, že ani přístup VOLY není jednoznačně přijímán – např. americká EPA nadále používá přístup ocenění VSL a Evropská komise v hodnoceních nákladů a přínosů běžně uvádí odhady založené na obou přístupech.

<sup>12</sup> Projekt 1C/5/6/04 - Environmentální vlivy na zdraví dětí.

<sup>13</sup> Není nám známo, že by tento předpoklad byl někdy empiricky testován, nicméně vycházíme zde ze závěrů citované valuační studie, která neshledala statisticky významný rozdíl v ocenění hluku ze silniční a železniční dopravy. Tvary

#### 4.4.1. Úprava hodnot v čase

Obecně platí, že hodnoty ochoty platit se mění v čase, mj. v závislosti na vývoji reálných příjmů. Jedním z možných řešení je proto úprava těchto hodnot podle změny reálných příjmů, při zohlednění tzv. *příjmové elasticity ochoty platit*<sup>14</sup>. Úprava výše uvedených hodnot peněžního ocenění dopadů na cenovou úroveň roku 2014 je provedena podle následujícího vztahu:

$$WTP_{2014} = WTP_x \times \eta \times g_{x \rightarrow 2014}$$

kde

$WTP_{2014}$  je ocenění v roce 2014,  $\eta$  je příjmová elasticita ochoty platit a  $g_{x \rightarrow 2014}$  je vývoj reálných příjmů na osobu v rozmezí let  $x$  a 2014.<sup>15</sup>

Obdobně je zohledněna změna cenové úrovně u přímých nákladů na léčení, zde vycházíme z meziročních indexů nákladů na zdravotní péči dle dat VZP ČR. V následující tabulce je souhrnně uveden přehled jednotkových ocenění dopadů na zdraví použitých v této studii upravených na cenovou hladinu roku 2014.

Tabulka 10 – Jednotkové ocenění dopadů na zdraví (cenová úroveň roku 2014)

Zdravotní účinek	Kč za případ (rok)
riziko předčasného úmrtí z chronické expozice – rok života ( $VOLY_{chronic}$ )	709 874
riziko předčasného úmrtí z akutní expozice – rok života ( $VOLY_{acute}$ )	709 874
kojenecká úmrtnost – statistická hodnota života (VSL)	25 285 700
chronická bronchitida (nový případ)	686 444
hospitalizace s respiračními chorobami	15 597
hospitalizace s chorobami srdce	31 026
den s omezenou aktivitou	4 259
den s mírně omezenou aktivitou	275
bronchitida u dětí	5 245
příznaky astmatu u astmatických dětí	894
dny pracovní neschopnosti	3 984
lehké obtěžování hlukem	981
(střední) obtěžování hlukem	1 962
silné obtěžování hlukem	3 270

Pozn.:  $VOLY$  – value of life year, VSL – value of statistical life

křivek vztahů expozice-odezva pro obtěžování hlukem ze stacionárních zdrojů se blíží tvaru křivek pro vztahy expozice-odezva u silničního hluku.

<sup>14</sup> Příjmová elasticita ochoty platit vyjadřuje, jak se změní ochota platit za vyhnutí se danému onemocnění při změně příjmu. Průměrné hodnoty této elasticity se ve studiích zabývajících se oceňováním dopadů na zdraví pohybují v rozmezí 0,2-1,44 (Ludwig & Neumann, 2012), v praxi hodnocení přínosů jsou pak používány hodnoty  $\leq 1$  a často rozlišené podle závažnosti dopadu na zdraví. V této studii je pragmaticky použita hodnota 1, která odpovídá spíše horní hranici běžně používaných hodnot.

<sup>15</sup> Pro tento účel je využit přepočet pomocí harmonizovaného indexu spotřebitelských cen (HICP) Eurostatu.



Jelikož se tato studie zabývá hodnocením dopadů expozice v časovém horizontu 2015-2050, je ocenění zdravotních účinků (resp. ochota platit za vyhnutí se) upravena pro příslušné roky daného období dle výše uvedeného vztahu. Konzistentně se studií PwC (2015) je uvažován konstantní roční nárůst mezd o 0,93 % (v tomto případě ale v celé ekonomice, nikoli pouze u skupin Severočeských dolů a Severní energetická jako v citované studii).

#### **4.5. Hodnocení ostatních environmentálních dopadů**

Kromě zdravotních účinků atmosférických znečišťujících látek jsou v této studii rovněž hodnoceny ostatní environmentální dopady – dopady na zemědělské plodiny, ekosystémy, materiály budov a zdravotní účinky vlivem těžkých kovů. Odvození fyzických účinků atmosférických znečišťujících látek na zemědělské plodiny, degradaci ekosystémů, korozi materiálů a zdravotních účinků těžkých kovů vychází z přístupu hodnocení škod ExternE. Podrobný popis hodnocení a přehled vztahů expozice-odpověď pro tyto typy receptorů uvádí Bickel a Friedrich (2005).

V případě zemědělských plodin je sledován vliv ozónu na ztrátu výnosu brambor, cukrové řepy, slunečnice a pšenice. Pro ocenění ztrát výnosů těchto komodit jsou použity mezinárodní ceny jednotlivých plodin. Dále je odhadován účinek sulfátů a nitrátů na okyselování zemědělské půdy, kdy tento vliv je vyjadřován dodatečným množstvím vápna, které je potřeba pro zmírnění tohoto účinku. Oproti těmto negativním vlivům je také sledován pozitivní účinek depozice dusíku, který je vyjádřen cenou úspory dusíkatých hnojiv používaných na hnojení zemědělské půdy.

Hodnocení dopadů atmosférického znečištění na ekosystémy je realizováno na základě přístupu potenciálně vymizelého segmentu (*Potentially Disappeared Fraction, PDF*). Tento přístup měří počet druhů, které vymizely při změně užití daného typu půdy ve srovnání s určitým referenčním stavem. Hodnota PDF je vypočtena pro každý typ užití půdy podle klasifikace CORINE Land Cover (viz <http://www.eea.europa.eu>). PDF je standardizovaná na 1 m<sup>2</sup> a nabývá hodnoty v intervalu 0 až 1. V případě ocenění škod atmosférického znečištění (acidifikace a eutrofizace) tento přístup vychází z pravděpodobnosti, že existence určitého rostlinného druhu v oblasti je determinovaná rozdílnou úrovní acidifikace a eutrofizace. Mluvíme o tzv. konceptu pravděpodobnosti výskytu (*Probability of Occurrence, POO*). V případě ekonomického ocenění dopadů na ekosystémy se v přístupu PDF využívají náklady na obnovu, které představují náklady obnovy určitého stanoviště do původního (přírodního) stavu.

Vliv účinků znečištění na materiály je stanoven na základě rovnic znehodnocení, prostřednictvím nichž jsou vypočteny korozní úbytky na vybraných typech konstrukčních a stavebních materiálů. Dominantní látkou, pro kterou jsou úbytky materiálů hodnoceny, je SO<sub>2</sub>, v některých případech je sledováno spolupůsobení HNO<sub>3</sub>. Z řad konstrukčních kovů jsou počítány dopady ve formě korozních úbytků pro uhlíkovou ocel a zinek. V případě konstrukčních materiálů jsou počítány úbytky pro pískovec a vápenec, resp. vápencové omítky. Ekonomické škody spojené s poškozením materiálů a budov jsou počítány jako náklady na čištění a opravy škod vzniklých znečištěním ovzduší, které vycházejí z tržních cen jednotlivých konstrukčních a stavebních materiálů.

Vliv zdravotních účinků těžkých kovů – kadmium, rtuť, olovo, arsen, chrom, šestimocný chrom a nikl – je vyjádřen parametrizovanými peněžními odhady na tunu dané látky, které zahrnují působení těžkých kovů na celosvětovou populaci. Tyto parametrizované hodnoty jsou prezentovány

v následující tabulce jako „Global“. Pro vyjádření dopadů na českou populaci byla parametrizovaná hodnota aproximována podílem HDP České republiky na světovém HDP, viz sloupec „ČR“. Dopady na celý region EU byly upraveny jako v předešlém případě a jsou prezentovány ve sloupci „EU“.

Tabulka 11 – Parametrizované hodnoty externích nákladů pro těžké kovy na 1 tunu škodliviny

Škodlivina	Global EURO(2000).t <sup>-1</sup>	ČR Kč(2014).t <sup>-1</sup>	EU Kč(2014).t <sup>-1</sup>	Global Kč(2014).t <sup>-1</sup>
<b>Cd</b>	39 000	3 384	132 105	883 245
<b>Hg</b>	8 000 000	694 227	27 098 546	181 178 362
<b>Pb</b>	600 000	52 067	2 032 391	13 588 377
<b>As</b>	80 000	6 942	270 985	1 811 784
<b>Cr</b>	31 500	2 734	106 701	713 390
<b>Cr-VI</b>	240 000	20 827	812 956	5 435 351
<b>Ni</b>	4 000	347	13 549	90 589

Zdroj: upraveno podle Preisse a Klotze (2008)

#### 4.6. Hodnocení škod působených emisemi skleníkových plynů

Škody způsobené emisemi skleníkových plynů – neboli společenské náklady uhlíku („*Social Cost of Carbon*“ - SSC) – představují odhad peněžního efektu snížení dopadů klimatické změny, které je možné přisoudit určitému snížení emisí CO<sub>2-eq</sub> (Pizer et al., 2014). Mezní náklady škod z emisí CO<sub>2</sub> jsou definovány jako čistá současná hodnota dodatečné škody vzniklé v důsledku malého zvýšení emisí CO<sub>2</sub> (Newbold et al., 2010). V případě, že jsou tyto škody hodnoceny pro určitou arbitrárně stanovenou trajektorii emisí, tak tyto mezní škody představují společenské náklady uhlíku – SSC (Tol 2013). Jestliže jsou škody kvantifikovány pro optimální trajektorii emisí, představují Pigouviánskou daň (Pigou, 1920).

Přístup vychází z neoklasické ekonomie blahobytu, kdy škoda představuje změny ekonomického blahobytu vyvolané změnou klimatických podmínek. Pro odhad změn blahobytu se vychází z tržních cen poškozených aktiv nebo nákladů příležitostí, v případě netržních statků (nemocnost a úmrtnost) se využívají výsledky netržních metod oceňování.

Odhady SSC jsou kvantifikovány prostřednictvím *integrovaných modelů posouzení* („*Integrated Assessment Models*“), jako jsou například DICE (Nordhaus 2008), PAGE (Hope 2006), FUND (Tol 2009) nebo WITCH (Bossetti et al. 2006; Ščasný et al., 2015), které jsou často citovány v peer-review literatuře. Výsledky těchto modelů jsou používány v pravidelných zprávách IPCC a slouží jako podklad pro stanovování hodnot škod v národních legislativách (Greenstone et al., 2014).

Odhad SSC je obvykle prováděn ve čtyřech krocích: (i) nejprve se predikuje budoucí vývoj globálních emisí skleníkových plynů, (ii) které jsou následně převedeny do scénáře klimatické změny, (iii) poté se odhadne dopad predikované klimatické změny na obyvatelstvo a ekosystémy, a (iv) tyto fyzické dopady se následně peněžně ocení a diskontují na úroveň cen výchozího roku (Pizer et al.,

2014). Rozdíl v současné hodnotě kumulovaných peněžních dopadů pro různé úrovně emisí skleníkových plynů slouží k odvození SCC na tunu CO<sub>2eq</sub>. Vývoj metodologie popisuje Tol (2009).

Hodnota SSC závisí na řadě věcí. Předně to je celkový dopad na blahobyt. Neméně významné pro výši hodnoty SSC mají i použité parametry jako čistá míra časové preference („*pure rate of time preference*“ – *PRTP*), růst spotřeby na obyvatele a elasticita mezního užítu vůči spotřebě, které jsou všechny využívány při diskontování. Odhady se také liší dle toho, jak jsou projekovány emise CO<sub>2</sub>, cyklus uhlíku, míra oteplování, jakým způsobem jsou kalibrovány funkce dopadů, jaké jsou předpoklady o vývoji obyvatelstva a ekonomik, jakým způsobem je naloženo s nejistotami, nebo jakým způsobem jsou agregovány dopady v jednotlivých regionech (tzv. vážení reflektující nerovnosti příjmu a tím klesající mezní užitek s rostoucím příjmem); více viz například Tol (2013).

Odhady hodnot dopadů ze změny klimatu užívané v evropských CBA vycházely nejprve z nákladů na zamezení emisí CO<sub>2</sub>, respektive z ceny uhlíku ze systému EUA nebo CERs. EU v rámci metodiky ExternE obdobně vycházela při hodnocení dopadů ze změny klimatu z nákladů na zamezení, které by byly nutné vynaložit na dosažení určitého redukčního cíle. Konkrétně hodnota dopadu ve výši 19 € na t CO<sub>2</sub> vycházela ze studie Fahl et al. (1999), která odhadovala náklady snížení emisí CO<sub>2</sub> o 25%. Ke srovnatelné hodnotě dopadů – ve výši 20 € na tunu CO<sub>2</sub> – dospěl také projekt NEEDS (Anthoff 2008), který však již pro odhad SCC využil IAM FUND (Tol 2005), a tedy měřil škodu, nikoli náklady. Hodnota 20 € na tunu CO<sub>2</sub> byla používána také v hodnoceních postavených na metodě ExternE od roku 2008 (Preiss et al., 2008). Evropská komise vycházela obdobně z těchto studií a při posuzování dopadů sektorových cílů a programů klimatické změny užívala hodnotu SSC mezi 19€ a 46€ na t CO<sub>2</sub> (OECD 2008). V poslední době se do hodnocení dopadů politik znovu navrácí hledisko ekonomických přínosů postavených na odhadech SCC (viz také EC 2004).

Metodika UK COŽP pro *Hodnocení externích nákladů energetiky analýzou drah dopadu* (Melichar et al., 2011) nebo hodnocení externalit výroby energií v ČR (Melichar et al., 2012a; 2012b) obdobně vychází z odhadů ze studie Anthoffa (2008). Hodnocení dopadů ze změny klimatu konkrétně předpokládá PRTP ve výši 1%, vážení efektů o různé úrovně příjmu v regionech na užitek se nepředpokládá, a vychází se z 1% trimovaného průměru. Tato hodnota představuje spíše konzervativní (nižší) hodnotu dopadů. V cenách roku 2014 činí tato hodnota 14.4€ pro období 2010-2019 nebo 18.7€, 20.8€ a 23.8€ pro další následující 3 desetiletí. Podobně hodnotu 14€ na tunu CO<sub>2</sub> užíla studie Weinzettel et al. (2012) při analýze externích nákladů spojených s výrobou a spotřebou elektrické energie v zemích EU.

Britský *Department of Energy and Climate Change* stanovuje každoročně hodnoty obchodovaného uhlíku pro účely hodnocení dopadů vládních politik Velké Británie, které vychází ze stanovených redukčních emisních cílů (DECC 2014). Střední hodnota pro emise CO<sub>2</sub> vypouštěné v roce 2015 činí 4.56£ (5.5€), ty v čase stoupají na 6.6€ v 2020 nebo 96€ v 2030. Evropská investiční banka užívala při hodnocení financování energetických projektů hodnoty dopadů ze změny klimatu ve výši 5€ a 125€ na tunu uhlíku, respektive 1.36€ - 34.1€ na t CO<sub>2</sub> (cit. In: OECD 2008).

Zahrnování ekonomických přínosů ze snížení uhlíku v CBA, respektive RIA, se stalo ve Spojených Státech precedentem až od roku 2008, kdy federální soud přiznal snížení emisí uhlíku nenulovou hodnotu (Pizer et al., 2014). V USA je hodnota uhlíku stanovená meziresortní skupinou (*US Government Interagency Working Group on Social Cost of Carbon*), která byla zřízená v roce 2010 (IWGSCC 2013). Na základě shrnutí odhadů ze tří IAM modelů (DICE, PAGE a FUND), byla

hodnota ekonomických přínosů ze snížení emisí uhlíku stanovena US EPA (2014) pro emise vypouštěné v roce 2010 ve výši 21\$ (18.1€) na tunu CO<sub>2</sub>, s hodnotami 5\$, 35\$ a 65\$ (4.3€, 30.1€, 55.9€) pro citlivostní analýzu (vše v USD2007; přepočteno na Euro2014). Hodnoty SSC rostou v čase a pro emise vypouštěné v roce 2020 činí hodnota ekonomických přínosů 26\$ (22.4€) na tunu CO<sub>2</sub> (Greenstone et al., 2014). Před tímto doporučením, byla hodnota SCC stanovena jednou z agentur na úrovni 8.67\$ (7.5€) / tCO<sub>2</sub> v roce 2020 (NHTSA 2008).

V poslední době bylo provedených několik přehledových studií odhadující hodnotu mezních škod ze změny klimatu, respektive k odhadu SCC.<sup>16</sup> Poslední přehled z roku 2013 (Tol 2013) využívá pro odhad distribuce SCC 588 hodnot SCC z celkem 75 publikovaných studií. Hlavní charakteristiky distribuce popisuje Tabulka 12; průměrná hodnota SSC činí 44€ na tunu CO<sub>2</sub>, medián je 30€ (ceny roku 2014). Při PRTP=1% jsou tyto hodnoty 23€ a 18.5€. Odhad SSC předpokládá arbitrárně stanovenou trajektorii emisí, zatímco Pigouviánská daň sleduje optimální trajektorii emisí. Při PRTP=3%, což je podle Tol (2013) běžný předpoklad ve studiích optimálního managementu, činí odhad mediánové hodnoty Pigouviánské daně ze studií předpokládající optimální trajektorii 4.7€, zatímco medián SSC činí 5.8€, rozdíl hodnot těchto odhadů však není statisticky rozdílný. Pigouviánská daň je nižší, protože uvalená daň na uhlí snižuje emise a tím i dopady a mezní dopady. Všechny tyto odhady platí pro emise vypouštěné v roce 2010. Dle této meta-analýzy mezní škody v průměru rostou o 2.3 % ročně se směrodatnou odchylkou 1.5 % a mediánem 2.2 %. Průměrný růst SSC ze studií bez scénáře politiky činí 2.5 %, zatímco Pigouviánská daň – dle studií s optimální trajektorií emisí – roste v průměru 2.1 % p. a.

Tabulka 12 – Společenské náklady uhlíky pro emise 2010 dle Tol (2013)

	Původní hodnoty Tol (2013) v USD2010 na t C				SSC v Euro2014 na t CO2			
	všechny studie	PRTP=3%	PRTP=1%	PRTP=0%	všechny studie	PRTP=3%	PRTP=1%	PRTP=0%
průměr	196	25	105	296	43.8	5.6	23.4	66.1
modus	49	19	55	144	10.9	4.2	12.3	32.1
medián	135	23	83	247	30.1	5.1	18.5	55.1
sm.odch.	322	22	128	309	71.9	4.9	28.6	69.0

Pozn.: Zahmuto 588 hodnot odhadů SSC. Původní hodnoty jsou uvedené v USD2005, které jsou přepočteny na Euro2014.

<sup>16</sup> Tol (2005) shrnuje odhady z 28 studií, které poskytují celkem 103 odhadů hodnot. Průměrná hodnota činí 26.5\$ (31.0€), s sm. odch. 55.4\$ (64.8€). Průměr při užití vah autora je 39.0€, při vážení reflektující kvalitu činí průměr 27.5\$. Při vyloučení studií, které nebyly publikovány v recenzovaných časopisech, klesá průměr na 13.7\$. Mediánové hodnoty odhadu se pohybují v rozmezí 4.5€ – 5.1€ (vše na t CO<sub>2</sub>, USD1995 přepočteny na Euro2014). Při analýze dopadů do roku 2100, se odhad mezních škod uhlíku snižuje o 7.3€ za každé 1% zvýšení hodnoty čisté míry časové preference užití při diskontování nebo se naopak zvyšuje o 34€ při vážení nerovností.

Tol (2009) shrnuje v článku publikovaném v *Journal of Economic Perspectives* už celkem 232 publikovaných odhadů. Nevážený průměr odhadu SSC ze všech studií činí 33.5€ (sm. odch.=77.6€), medián je roven 9.3€. Odpovídající hodnoty odhadu pro PRTR=1% jsou 27.1€ (průměr) a 14.7€ (medián). S vážením činí průměr odhadu SSC 48.2€ a medián 28€, při PRTP=1% je průměr a medián 38€ a 29€ (v USD1995 přepočteno na Euro2014).

Tabulka 13 – Hodnoty škod ze změny klimatu: srovnání s Metodikou Melichar et al. (2011), v Euro(2014)

	Metodika (2011)	Revidované doporučené hodnoty	
	Euro(2014)	střední hodnota (medián, 1%)	eq. Pigou daně (medián, 3%)
2010-19	14.41 €	20.7 €	5.6 €
2020-29	18.69 €	26.5 €	6.9 €
2030-39	20.79 €	34.0 €	8.5 €
2040-49	23.77 €	43.5 €	10.5 €

## Shrnutí

Většina studií odhaduje hodnotu škod ze změny klimatu v rozmezí 14€ až 30€, přičemž mediánové hodnoty jsou z důvodu zešíkmené distribuce odhadnutých hodnot nižší a pohybují se kolem 5€ na tunu CO<sub>2</sub>. Do tohoto intervalu spadnou jak hodnoty škod ze změny klimatu, které doporučují autority v EU (ExternE), ve Velké Británii (DECC 2014) nebo USA (IWGSCC 2013; EPA 2014), tak ty, které jsou zahrnuté v metodice kvantifikace externích nákladů v ČR (Melichar et al., 2011). Mediánová hodnota odhadu Pigouviánské daně, která předpokládá optimální trajektorii snížení emisí CO<sub>2</sub>, se neliší od odhadu mediánové hodnoty SSC. Hodnota škod ze změny klimatu roste v čase; průměrný roční růst hodnoty SSC je 2.5%, růst škod pro optimální trajektorii emisí je 2.1%.

## Doporučení

Pro hodnocení doporučujeme při stanovení hodnoty společenských nákladů uhlíku vycházet z (i) z meta-analýzy Tola (2013), (ii) mediánových hodnot (z důvodu poměrně výrazně zešíkmené distribuce odhadů hodnot SSC), (iii) PRTP ve výši 1%, a (iv) odhadnutého ročního růstu hodnot SCC dle Tola (2013). Těmto předpokladům odpovídá hodnota SCC ve výši 21€ nebo 576 Kč pro emise vypouštěné v roce 2015. Tato hodnota roste o 2.5 % ročně.

Dle zadání studie má střední odhad reflektovat pouze přínosů ze změny klimatu, které dopadají na rezidenty ČR. Modely IAM neposkytují odhady dopadů pro jednotlivé menší země. Domácí část hodnoty SCC je možné aproximovat podílem HDP dané země na světovém HDP (Greenstone et al., 2013), který pro ČR činí v roce 2014 0.38% a je předpokládán pro celé období. Tím dostáváme hodnotu domácích škod ze změny klimatu **SCC-střed „domácí“ = 2.15 Kč** na tunu CO<sub>2</sub> (0.078€) pro emise roku 2015. Všechny hodnoty jsou uvedené v cenách roku 2014.

Pro citlivostní analýzu doporučujeme použití hodnoty SCC, která bere v úvahu dopady na celý region EU (varianty (a1), (a2), (a3)), nebo globální dopady způsobené emisemi skleníkových plynů na celý svět (varianty (b1), (b2), (b3)). Poslední varianta pro citlivostní analýzu (c) předpokládá dopady jenom na obyvatele ČR při čisté míře časové preference rovné 0%:

- (a1) **SCC-střed „EU“** – vychází ze stejných předpokladů jako SCC-střed „domácí“ ale zahrnuje dopady ze změny klimatu pro celou EU. SCC-střed „EU“ = **134 Kč** na tunu CO<sub>2</sub> pro emise roku 2015.
- (a2) **SCC-Pigou „EU“** – vychází z mediánové hodnoty odhadů ze studií předpokládajících optimální trajektorii emisí, PRTP=3% a zahrnuje dopady změny klimatu na EU. Hodnota SCC-Pigou „EU“ = **36 Kč** na t CO<sub>2</sub> pro emise roku 2015.

- (a3) **SCC-0% „EU“** – vychází z mediánové hodnoty odhadů ze studií předpokládajících PRTP=0% a zahrnuje dopady ze změny klimatu na EU. Hodnota SCC-0% „EU“ = **398 Kč** na t CO<sub>2</sub> pro emise roku 2015.
- (b1) **SCC-střed „global“** – vychází ze stejných předpokladů jako SCC-střed „domácí“ ale zahrnuje dopady ze změny klimatu na celý svět. SCC-střed „domácí“ = **576 Kč** na tunu CO<sub>2</sub> (20.9€) pro emise roku 2015.
- (b2) **SCC-Pigou „global“** – vychází z mediánové hodnoty odhadů ze studií předpokládajících optimální trajektorii emisí, PRTP=3% a zahrnuje celkové dopady změny klimatu. Hodnota SCC-Pigou „global“ = **156 Kč** na t CO<sub>2</sub> (5.7€) pro emise roku 2015.
- (b3) **SCC-0% „global“** – vychází z mediánové hodnoty odhadů ze studií předpokládajících PRTP=0% a zahrnuje celkové dopady ze změny klimatu. Hodnota SCC-0% „global“ = **1 717 Kč** na t CO<sub>2</sub> (62.3€) pro emise roku 2015.
- (c) **SCC-0% „domácí“** – vychází z mediánové hodnoty odhadů ze studií předpokládajících PRTP=0% a část efektů na ČR dle podílu HDP. Hodnota SCC-0% „domácí“ = **6.6 Kč** na t CO<sub>2</sub> (0.24€) pro emise roku 2015. Hodnota roste 2.5% p.a.

Autoři doporučují použít zejména hodnoty SCC, které reflektují dopady na celou EU, což je konzistentní s cílem snížení emisí skleníkových plynů stanoveným společně pro celou EU. Střední hodnota dopadů změny klimatu doporučená autory studie činí 134 Kč na tunu CO<sub>2</sub> pro emise roku 2015 (varianta (a1)).

Hodnota společenských nákladů uhlíku roste o **2.5% p.a.** u variant (a1), (a3), (b1), (b3) a (c). SCC roste o **2.1 % p.a.** u variant (a2) a (b2).

Tabulka 14 – Hodnoty škod ze změny klimatu (SCC) a cena EUA, 2010-2050

Rok/ Varianta	Hodnoty SCC a EUA v Kč(2014)			Hodnoty SCC a EUA v Euro(2014)		
	SCC-střed „domácí“	(a1) SCC-střed „EU“	EUA v TIMES (SEK 2015)	SCC-střed „domácí“	(a1) SCC-střed „EU“	EUA v TIMES (SEK 2015)
2014	2.15	133	207	0.078	4.84	7.5
2015	2.21	134	207	0.080	4.86	7.5
2016	2.26	135	207	0.082	4.89	7.5
2017	2.32	136	207	0.084	4.93	7.5
2018	2.38	137	248	0.086	4.97	9.0
2019	2.44	138	248	0.089	5.02	9.0
2020	2.50	140	248	0.091	5.07	9.0
2021	2.56	141	248	0.093	5.12	9.0
2022	2.63	143	248	0.095	5.18	9.0
2023	2.69	144	633	0.098	5.24	23.0
2024	2.76	146	633	0.100	5.31	23.0
2025	2.83	148	633	0.103	5.37	23.0
2026	2.90	150	633	0.105	5.45	23.0
2027	2.97	152	633	0.108	5.52	23.0
2028	3.04	154	909	0.111	5.59	33.0
2029	3.12	156	909	0.113	5.67	33.0
2030	3.20	158	909	0.116	5.75	33.0
2031	3.28	160	909	0.119	5.82	33.0
2032	3.36	163	909	0.122	5.90	33.0

Kvantifikace environmentálních a zdravotních dopadů (externích nákladů) z povrchové těžby hnědého uhlí v Severočeské hnědouhelné pánvi v těžebních lokalitách velkolomů Bílina a ČSA a využití vydobytého hnědého uhlí ve spalovacích procesech pro výrobu elektřiny a tepla na území ČR

Rok/ Varianta	Hodnoty SCC a EUA v Kč(2014)			Hodnoty SCC a EUA v Euro(2014)		
	SCC-střed „domácí“	(a1) SCC-střed „EU“	EUA v TIMES (SEK 2015)	SCC-střed „domácí“	(a1) SCC-střed „EU“	EUA v TIMES (SEK 2015)
2033	3.44	165	955	0.125	5.99	34.7
2034	3.53	167	955	0.128	6.07	34.7
2035	3.62	169	955	0.131	6.15	34.7
2036	3.71	172	955	0.135	6.23	34.7
2037	3.80	174	955	0.138	6.32	34.7
2038	3.90	177	1 004	0.142	6.41	36.5
2039	3.99	179	1 004	0.145	6.50	36.5
2040	4.09	182	1 004	0.149	6.60	36.5
2041	4.20	184	1 004	0.152	6.70	36.5
2042	4.30	187	1 004	0.156	6.80	36.5
2043	4.41	190	1 101	0.160	6.91	40.0
2044	4.52	193	1 101	0.164	7.02	40.0
2045	4.63	197	1 101	0.168	7.14	40.0
2046	4.75	200	1 101	0.172	7.26	40.0
2047	4.87	203	1 101	0.177	7.39	40.0
2048	4.99	207	1 101	0.181	7.52	40.0
2049	5.11	211	1 101	0.186	7.65	40.0
2050	5.24	214	1 101	0.190	7.79	40.0

Tabulka 15 – Hodnoty škod ze změny klimatu (SCC) pro citlivostní analýzu, 2010-2050, v Kč(2014)

Rok/ Varianta	(a1) SCC-střed „EU“	(a2) SCC-Pigou „EU“	(a3) SCC-0% „EU“	(b1) SCC-střed "GLOBAL"	(b2) SCC-Pigou "GLOBAL"	(b3) SCC-0% "GLOBAL"	(c) SCC-0% „domácí“
2014	2.15	0.58	6.42	562	153	1 675	6.42
2015	2.21	0.60	6.58	576	156	1 717	6.58
2016	2.26	0.61	6.74	591	159	1 760	6.74
2017	2.32	0.62	6.91	606	162	1 804	6.91
2018	2.38	0.64	7.08	621	166	1 849	7.08
2019	2.44	0.65	7.26	636	169	1 895	7.26
2020	2.50	0.66	7.44	652	173	1 942	7.44
2021	2.56	0.68	7.63	668	177	1 991	7.63
2022	2.63	0.69	7.82	685	180	2 041	7.82
2023	2.69	0.71	8.01	702	184	2 092	8.01
2024	2.76	0.72	8.21	720	188	2 144	8.21
2025	2.83	0.73	8.42	738	192	2 197	8.42
2026	2.90	0.75	8.63	756	196	2 252	8.63
2027	2.97	0.77	8.85	775	200	2 309	8.85
2028	3.04	0.78	9.07	795	204	2 366	9.07
2029	3.12	0.80	9.29	814	208	2 426	9.29
2030	3.20	0.82	9.53	835	213	2 486	9.53
2031	3.28	0.83	9.76	856	217	2 548	9.76
2032	3.36	0.85	10.01	877	222	2 612	10.01
2033	3.44	0.87	10.26	899	226	2 677	10.26
2034	3.53	0.89	10.52	921	231	2 744	10.52
2035	3.62	0.90	10.78	944	236	2 813	10.78
2036	3.71	0.92	11.05	968	241	2 883	11.05

Rok/ Varianta	(a1) SCC-střed „EU“	(a2) SCC-Pigou „EU“	(a3) SCC-0% „EU“	(b1) SCC-střed "GLOBAL"	(b2) SCC-Pigou "GLOBAL"	(b3) SCC-0% "GLOBAL"	(c) SCC-0% „domácí“
2037	3.80	0.94	11.32	992	246	2 955	11.32
2038	3.90	0.96	11.61	1 017	251	3 029	11.61
2039	3.99	0.98	11.90	1 042	257	3 105	11.90
2040	4.09	1.00	12.19	1 069	262	3 183	12.19
2041	4.20	1.02	12.50	1 095	267	3 262	12.50
2042	4.30	1.05	12.81	1 123	273	3 344	12.81
2043	4.41	1.07	13.13	1 151	279	3 427	13.13
2044	4.52	1.09	13.46	1 179	285	3 513	13.46
2045	4.63	1.11	13.80	1 209	291	3 601	13.80
2046	4.75	1.14	14.14	1 239	297	3 691	14.14
2047	4.87	1.16	14.50	1 270	303	3 783	14.50
2048	4.99	1.19	14.86	1 302	309	3 878	14.86
2049	5.11	1.21	15.23	1 334	316	3 975	15.23
2050	5.24	1.24	15.61	1 368	322	4 074	15.61

#### **4.7. Optimalizace energetického systému pomocí modelu TIMES-CZ: Analýza dopadů prolomení územních ekologických limitů na velkolomu Bílina a ČSA**

##### **4.7.1. Popis modelu TIMES-CZ**

TIMES-PanEU je energetický, technologicky orientovaný model využívající modelový generátor TIMES (*The Integrated MARKAL-EFOM System*) vyvinutý v rámci *Energy Technology Systems Analysis Programme* (ETSAP) v Mezinárodní energetické agentuře (IEA). Panevropský model TIMES-PanEU je sestavený Institutem energetické ekonomie a racionálního užití energie (IER) ze Stuttgartské univerzity (Capros et al., 2014).

Základem modelu TIMES-CZ je region České republiky z modelu TIMES-PanEU. Oproti modelu TIMES-PanEU je model TIMES-CZ aktualizován a kalibrován na výchozí rok 2012 a jeho struktura je výrazně rozšířena o jednotlivé zdroje zařazené do systému EU ETS ze všech sektorů vyjma sektorů výroby železa a zpracování ropy a plynu.

TIMES-CZ je rozdělen následujícími sektory, kde každý sektor zahrnující zdroje zařazené do systému EU ETS je rozdělen na část “ETS” a “non-ETS” a část “ETS” je modelována na úrovni jednotlivých zdrojů:

- Sektor *Výroby elektřiny a tepla* zahrnuje veřejné elektrárny a teplárny a je z velké většiny tvořen zdroji zařazenými do systému EU ETS. V modelu je vyrobená elektřina rozlišena dle napětí na Vysoké, Střední a Nízké napětí. Vysokoteplotní soustavy pro zásobování teplem jsou rozlišeny dle regionů a napojeny na příslušné zdroje v daném regionu.



- Sektor *Dopravy* je členěn na osobní a nákladní silniční, osobní a nákladní železniční, vodní a leteckou dopravu. Silniční doprava je dále rozdělena na 5 kategorií (auta – krátká vzdálenost, auta – dlouhá vzdálenost, městské a meziměstské autobusy, ostatní). Železniční doprava je rozdělena na osobní – lehkou (metro a tramvaje), osobní – těžkou a nákladní. Letecká a vodní dopravy jsou modelovány jako generická technologie s poptávkou odpovídající spotřebě paliva.
- V sektoru *Domácností* je na straně poptávky 11 konečných energetických služeb (Vytápění, Klimatizace, Ohřev vody, Vaření, Osvětlení, Chlazení a mražení potravin, Praní, Sušení prádla, Mytí nádobí, Ostatní elektřina, Ostatní energie), přičemž Vytápění, Klimatizace, Ohřev vody jsou dále rozlišeny dle kategorie budovy (Rodinný dům – venkov, Rodinný dům – město, Bytový dům).
- *Komerční* sektor obsahuje 9 konečných energetických služeb (Vytápění, Klimatizace, Ohřev vody, Vaření, Chlazení a mražení potravin, Osvětlení, Veřejné osvětlení, Ostatní elektřina, Ostatní energie), přičemž Vytápění, Klimatizace, Ohřev vody jsou rozlišeny dle velikosti budovy (Malá, Velká).
- *Zemědělství* je modelováno jen z pohledu spotřeby energie jako generická technologie s agregovaným mixem paliv na vstupu a agregovanou spotřebou energie na výstupu.
- *Průmysl* je rozdělen do dvou úrovní. Na první úrovni jsou rozlišeny energeticky náročné odvětví (např. výroba železa, chemické odvětví) a ostatní odvětví. Energeticky náročné odvětví mají konkrétní strukturu technologických procesů. Zatímco ostatní odvětví mají standardní strukturu složenou z 5 hlavních užití energie (Pára, Technologické teplo, Pohon strojů, Elektrochemické, a Ostatní procesy). Na druhé úrovni je každé odvětví zahrnující zdroje spadající do systému EU ETS (kromě Výroby železa a ostatních kovů) rozděleno na část ETS a zbytek (nonETS). V části ETS jsou modelovány jednotlivé zdroje v systému EU ETS. V části nonETS je pak zbytek odvětví z energetické bilance (po odečtení části ETS).
- *Primární* sektor zahrnuje energetický řetězec primárních zdrojů energie včetně případného dovozu a vývozu. Každý primární energetický zdroj (Ropa, Zemní plyn, Hnědé a Černé uhlí aj.) je modelován nabídkovou křivkou s několika nákladovými stupni. Biologická paliva a odpady jsou rozlišeny na 5 typů: dřevo, bioplyn, komunální odpad, průmyslový odpad, a biopaliva.

Technologicky důležité materiály či materiály s energeticky náročnou výrobou (např. vápno, železný šrot) jsou modelovány explicitně. Ostatní materiály jsou implicitně zahrnuty ve variabilních nákladech procesů a k nim vztažené emise jsou započítány v emisích přiřazených k daným procesům. Model TIMES-CZ zahrnuje emise CO<sub>2</sub> a vzdušných polutantů.

Obrázek 6 přibližuje zjednodušenou strukturu referenčního energetického systému modelu TIMES-CZ od primárních zdrojů až po konečnou spotřebu energetických služeb jako teplá voda či ujeté osobo-kilometry.

### Objektivní funkce

TIMES-CZ optimalizuje energetický systém na základě objektivní funkce, která minimalizuje celkové diskontované náklady systému. Objektivní funkce je tedy součtem diskontovaných ročních nákladů snížených o výnosy, které můžeme rozdělit na kategorie uvedené v tabulce níže.

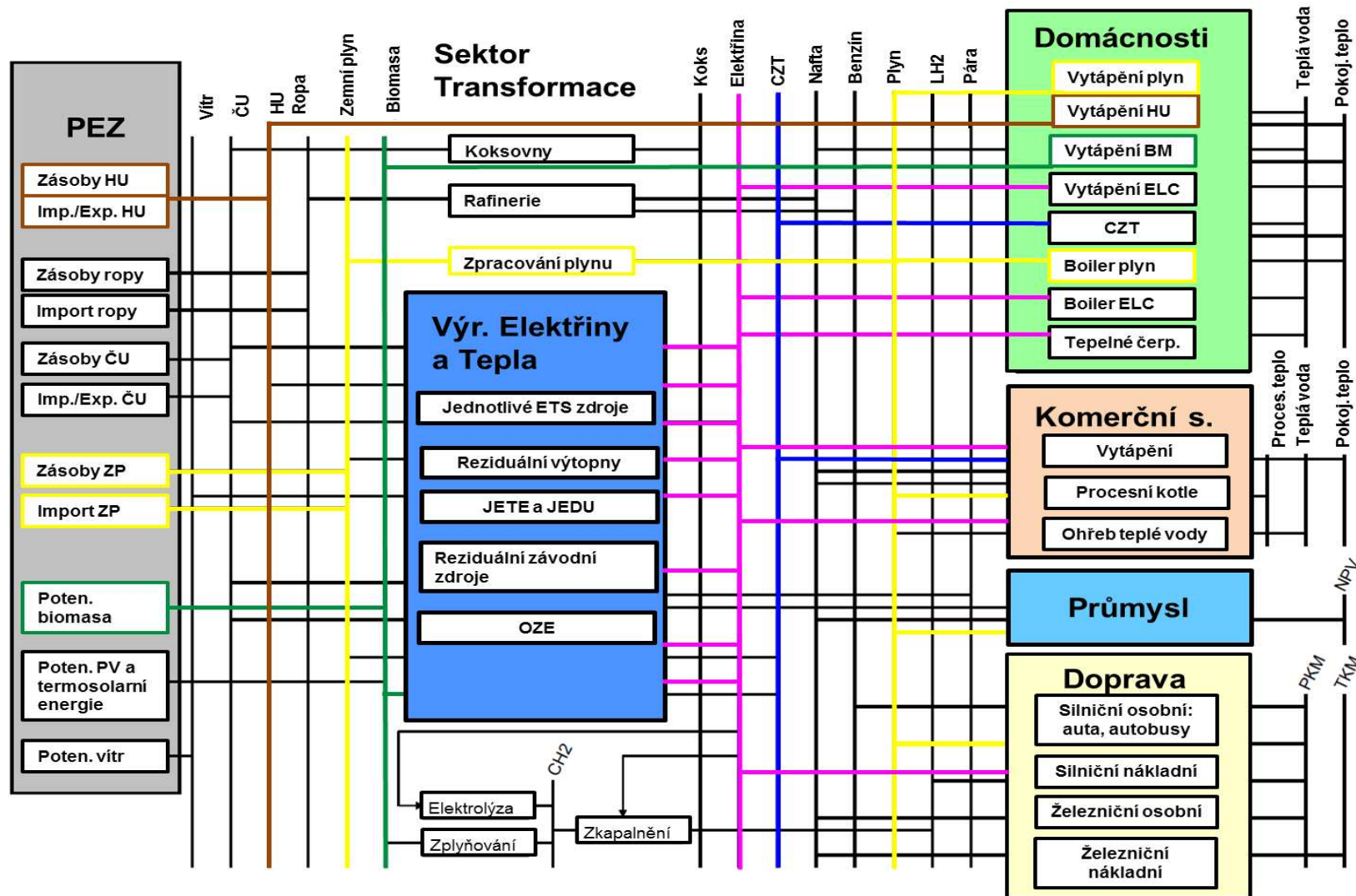
Tabulka 16 – Součásti objektivní funkce modelu

<b>Náklady</b>	
Výstavba	Investiční náklady Náklady materiálů během výstavby
Provoz	Variabilní náklady Fixní provozní náklady Dovoz Daně
Vyřazení z provozu	Náklady na vyřazení z provozu
<b>Výnosy</b>	
Provoz	Dotace Vývoz
Vyřazení z provozu	Recyklace materiálů z demolice
Výstavba	Zbytková hodnota po konci modelovacího období

Zdroj: vlastní zpracování

Úplný popis generátoru modelů TIMES a jeho objektivní funkce je uveden v dokumentaci pro model TIMES: Loulou, Remne, Kanudia, Lehtilä, & Goldstein (2005a, 2005b, 2005c).

Obrázek 6 - Zjednodušená struktura modelu TIMES-CZ



Zdroj: vlastní ilustrace

#### **4.7.2. Náklady na snížení emisí: Predikce hodnoty EUA v modelování energetického mixu**

Mezní náklady snížení emisí („*marginal abatement costs*“) představují náklady na opatření, která povedou k určitému snížení emisí. Náklady na snížení emisí neuvádí výši vyvolaných škod způsobených změnou klimatu, ale pouze jejich stínovou cenu danou náklady na zamezení emisí skleníkových plynů, které mohou škody vyvolat. Výše mezních nákladů snížení emisí je výrazně determinována redukčním cílem nebo emisním stropem, který zásadně vychází z politického rozhodnutí. Náklady na jeho dosažení pak odráží cíle politiky ochrany životního prostředí vyjednané v politickém procesu.

Odhad nákladů snížení emisí může být založený také na analýze současné hodnoty nebo odhadu budoucí ceny povolenky za jednotku emise skleníkového plynu. V současné době ceny povolenky vypouštět tunu CO<sub>2</sub> – cena EUA – činí 8.21€ (28-08-2015).

V roce 2011 reportoval odhad ceny uhlíku postavených na mezních nákladech snížení emisí *International Center for Climate Change*, který shrnul odhady ceny povolenek v dlouhodobém horizontu provedený řadou ekonomických modelů. Cena uhlíku byla predikována na úrovni €43 (s.d. €29) pro rok 2020 při stabilizačním cíli 450 ppm, respektive €23 (s.d. €20) pro 550 ppm. V důsledku ekonomické recese však došlo k výraznému přehodnocení odhadů hodnot nákladů zamezení uhlíku.

Studie Neuhoﬀ et al (2015) s využitím čtyř modelů (DIW, K&T, Fell a Zephyr) odhadla cenu uhlíku pro několik variant tzv. tržní stabilizační rezervy („*Market Stability Reserve*” – MSR) a bez této rezervy. Bez MSR se cena uhlíku pohybuje mezi 7€ až 14€ na tunu CO<sub>2</sub> v roce 2020 a 25€ až 30€ v roce 2030. MSR cenu mírně zvyšuje v roce 2020, avšak v roce 2030 dosahuje úrovně kolem 40€.

Jak již bylo zmíněno výše, britský *Department of Energy and Climate Change* stanovuje každoročně hodnoty dopadů uhlíku pro CBA vládních politik, které vychází z redukčních emisních cílů (DECC 2014). Střední hodnota tržní ceny uhlíku vychází z průměrování denních uzavírajících cen budoucích kontraktů (*EUA futures*). Výsledkem je cena ve výši 4.56£ (5.5€) na t CO<sub>2</sub> pro emise vypouštěné v roce 2015. Pro emise vypouštěné v letech 2020 a 2030 hodnota uhlíku činí 6.6€ a 96€. Predikce v nízkém scénáři vychází z cenového modelu DECC (*Carbon Price Model*), kdy je cena EUA pro každý rok dána rovnováhou mezi poptávkou a nabídkou. Poptávka po snižování emisí závisí na rozdílu mezi úrovní v BAU a emisním stropem v EU-ETS, nabídka je dána mezními náklady na zamezení. Nízký scénář dále předpokládá zpomalení ekonomického růstu, vysokou cenu uhlí ve srovnání s cenou plynu a absencí zpřísnění současného emisního stropu v systému EU ETS. Výsledky odhadu ceny uhlíku v nízkém scénáři činí 0€ do roku 2020, od roku 2021 cena uhlíku stoupá z úrovně 3.88£ (4.8€) přes 19.42£ (24€) v roce 2025 až na 38.8£ (48€) v roce 2030. Vysoký scénář vychází také z cenového modelu DECC, ale na rozdíl od nízkého scénáře předpokládá větší ekonomický růst, nízkou cenu uhlí a zpřísnění emisního stropu po roce 2020 tak, aby EU ETS přispělo k dosažení 40% redukčního cíle v roce 2030. Výsledkem je 15.8£ (19.5€) za tunu CO<sub>2</sub> v roce 2015, téměř 40£ (49€) v 2020, 78£ (97€) a 116£ (144€) v letech 2025 a 2030. Hodnoty z nízkého a vysokého scénáře se užívají v citlivostní analýze dopadů politik.

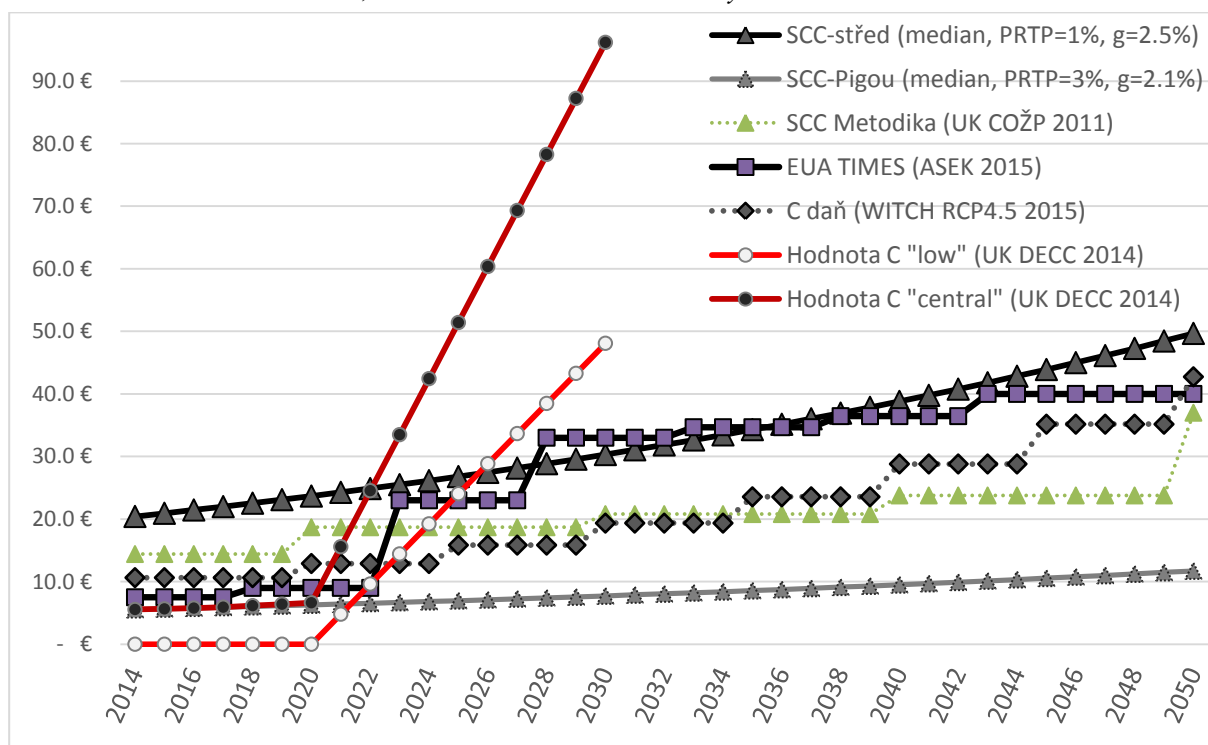
Ščasný et al. (2015) kvantifikují pomocí IAM modelu WITCH sazbu uhlíkové daně, která by vedla k úrovni radiačního působení 2.6 W/m<sup>2</sup> a 4.5 W/m<sup>2</sup> v roce 2100, což odpovídá koncentracím 490 ppm a 650 ppm CO<sub>2</sub>-eq. (s predikovanou teplotou +1.7 °C a +2.7 °C). Pro mírnější scénář (RCP4.5: s 4.5 W/m<sup>2</sup> v 2100) je sazba uhlíkové daně odhadována na úrovni €8.8/tCO<sub>2</sub> v roce 2015, kolem 16€ v roce 2030-35, 29€ v 2045-50 a dosahuje €225/tCO<sub>2</sub> v roce 2100.

SEK (MPO 2015) předpokládá cenu uhlíku obchodovanou v rámci EU ETS kolem 7.5€ od roku 2015, 9€ v 2020-24, 12€ v 2025-29 a od roku 2030 na úrovni 33€ na tunu CO<sub>2</sub> s mírným růstem v dalším období.

## Doporučení

V této studii vycházíme při modelování energetického mixu modelem TIMES s ceny uhlíku dle předpokladu SEK (MPO 2015). Cena uhlíku v SEK-2015 se blíží odhadu ceny globální uhlíkové daně pro scénář RCM4.5 modelem WITCH a je také v souladu s odhady Neuhoﬀ et al. (2015), avšak je výrazně nižší než hodnota uhlíku doporučená UK DECC (srovnání viz následující graf).

Obrázek 7 – Srovnání hodnot SSC, EUA a dalších odhadů hodnot ceny uhlíku.



## 5. Výsledky hodnocení jednotlivých variant postupu těžby

### 5.1. Hodnocení externích nákladů z procesu těžby

#### 5.1.1. Emise prašného aerosolu

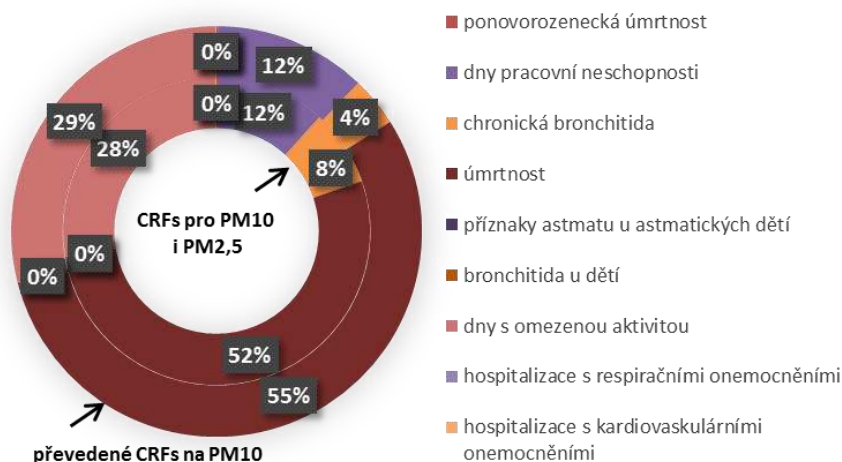
Vyhodnocení zdravotních dopadů bylo provedeno přístupem funkce škody s využitím rozptylové studie prašného aerosolu (viz studie ATEM (2015) *Kvantifikace environmentálních dopadů (znečištění ovzduší a hlukové zátěže obyvatel) z povrchové těžby hnědého uhlí v Severočeské hnědouhelné pánvi v těžebních lokalitách velkolomů Bílina a ČSA a využití vydobytého hnědého uhlí ve spalovacích procesech pro výrobu elektřiny a tepla na území ČR*) a vybraných vztahů expozice-odpověď (viz předchozí kapitola). Zahrnuty jsou dopady krátkodobé i dlouhodobé expozice pro obě modelované frakce prašného aerosolu, tj. frakce  $PM_{2.5}$  a  $PM_{10}$ .

#### Bílina

Pro těžbu na velkolomu Bílina byla zpracována detailní rozptylová studie pro situaci v letech 2015, 2035 a 2048. Rozptylová studie zahrnuje území s celkovým počtem 93 415 obyvatel a sítí více než 11 tisíc imisních bodů. Namodelované imisní příspěvky  $PM_{10}$  se v roce 2015 pohybují v rozmezí 0,001-15,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  v obydlené zástavbě je však nejvyšší modelovaný příspěvek jen 3,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . U  $PM_{2.5}$  jsou imisní příspěvky v roce 2015 namodelovány v rozmezí 0-4,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , v obydlené zástavbě však nejvýše 1,02  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . V roce 2035 jsou pro variantu 2 namodelovány imisní příspěvky  $PM_{10}$  v rozmezí 0,001-10,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , v obydlené zástavbě pouze do 3,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; u  $PM_{2.5}$  pak v rozmezí 0-3,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (v obydlené zástavbě do 1,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Konečně v roce 2048 jsou namodelovány imisní příspěvky  $PM_{10}$  v rozmezí 0-8,85  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (v obydlené zástavbě do 3,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), u  $PM_{2.5}$  pak v rozmezí 0-2,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (v obydlené zástavbě do 1,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

V prvním kroku byly pro modelované roky 2015, 2035 a 2048 vypočítány fyzické dopady odpovídající expozici hodnoceným frakcím prašného aerosolu, včetně výpočtu s použitím funkcí koncentrace-odezva převedených na expoziční metriku  $PM_{10}$ . Na následujícím grafu je pak vyjádřen relativní podíl jednotlivých dopadů při použití původní sady funkcí koncentrace-odezva (vnitřní okruží) a při použití převedené sady funkcí (vnější okruží).

Obrázek 8 - Procentuální podíl jednotlivých typů fyzických dopadů podle použité sady funkcí koncentrace-odezva



Z odhadnutého počtu fyzických dopadů a peněžních hodnot pro tyto fyzické dopady (viz předchozí kapitola) jsou vypočteny ekonomické dopady (externí náklady) zdravotních efektů expozice prašnému aerosolu pro modelované roky 2015, 2035 a 2048. Výsledky jsou uvedeny jako trojice hodnot – spodní odhad založený na funkcích koncentrace-odezva skupiny A, centrální odhad založený na všech funkcích koncentrace-odezva pro prašný aerosol a horní odhad založený na sadě funkcí koncentrace-odezva převedené na expoziční metriku  $PM_{10}$ . Dopady na zdraví v důsledku expozice prašnému aerosolu jsou pro rok 2015 odhadovány ve výši bezmála 2,5 mil. Kč (se spodní hranicí odhadu 1,3 mil. Kč a horní hranicí 5 mil. Kč). Ve variantě 2 v roce 2035 tyto dopady dosahují bezmála 3 mil. Kč (spodní mez 1,9 mil. Kč, horní mez 6 mil. Kč) a v roce 2048 pak 3,3 mil. Kč (spodní mez 1,8 mil. Kč, horní mez 7 mil. Kč).

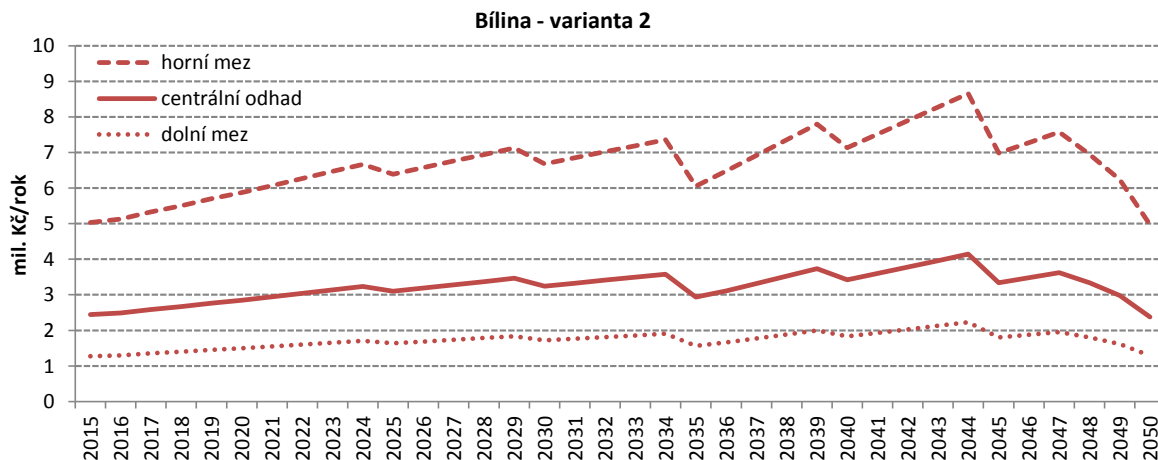
Tabulka 17 – Ocenění fyzických dopadů emisí prašného aerosolu z těžby v letech 2015, 2035 a 2048 (v Kč)

	2015	2035 (varianta 2)	2048 (varianta 2)
dolní mez	1 274 245	1 875 069	1 822 590
centrální odhad	2 441 278	2 937 521	3 339 665
horní mez	5 033 436	6 050 571	6 950 344

Pro výpočet dopadů za celé hodnocené období 2015-2050 vycházíme ve variantě 2 z interpolace odpovídající předpokládanému vývoji těžby, který má takřka lineární trend a dopadů vypočtených pro modelované roky 2015, 2035 a 2048. Jedná se o pragmatické zjednodušení, které vychází z časových a technických možností zpracovatelů této studie a podkladové studie ATEM.

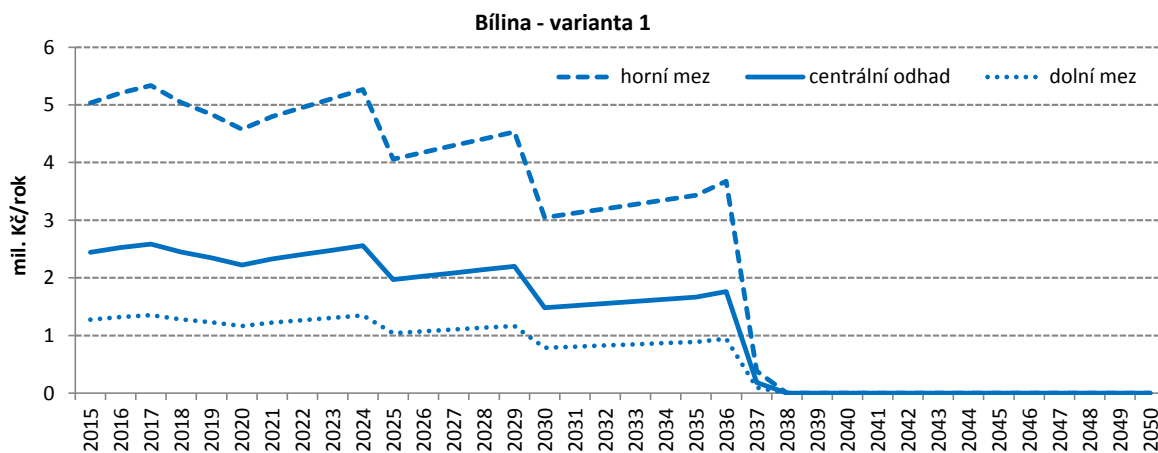
V následujícím grafu je znázorněn vývoj odhadovaných externích nákladů emisí prašného aerosolu za celé období let 2015-2050, opět v podobě centrálního odhadu a dolní a horní meze odhadu. Nejvyšších hodnot ročních externích nákladů je dosaženo v roce 2044, když jako v jediném roce celého hodnocení překračuje centrální hodnota 4 mil. Kč.

Obrázek 9 – Průběh odhadových ročních externích nákladů emisí prašného aerosolu z těžby na lomu Bílina ve variantě 2



Obdobným přístupem (tj. interpolací odpovídající předpokládanému vývoji těžby) pak byly odvozeny i průběhy ročních externích nákladů pro variantu 1 (viz Obrázek 10). V této variantě jsou nejvyšší roční externí náklady odhadnuty pro roky 2017 a 2024, kdy je v obou případech hodnota centrálního odhadu přibližně 2,6 mil. Kč.

Obrázek 10 - Průběh odhadových ročních externích nákladů emisí prašného aerosolu z těžby na lomu Bílina ve variantě 1



V souhrnu za celé hodnocené období jsou externí náklady emisí prašného aerosolu z těžby na lomu Bílina odhadovány pro variantu zachování územně ekologických limitů ve výši 46 mil. Kč (horní a dolní mez odhadu: 24 a 95 mil. Kč) a pro variantu 2, tj. korekci územně ekologických limitů, ve výši 116 mil. Kč (horní a dolní mez odhadu: 62 a 241 mil. Kč). Rozdíl mezi externími náklady obou variant, tj. externí náklady těžby za limity, se pohybuje okolo 70 mil. Kč (horní a dolní mez odhadu: 38 a 146 mil. Kč).



Tabulka 18 – Celkové externí náklady emisí prашného aerosolu z těžby na lomu Bílina dle variant korekce ÚEL (v Kč)

	dolní mez	centrální odhad	horní mez
<b>celkem – varianta 1</b>	24 329 830	46 144 090	95 122 596
<b>celkem – varianta 2</b>	61 867 088	116 278 823	241 042 480
<b>rozdíl (varianta 2 – varianta 1)</b>	37 537 258	70 134 733	145 919 884

## ČSA

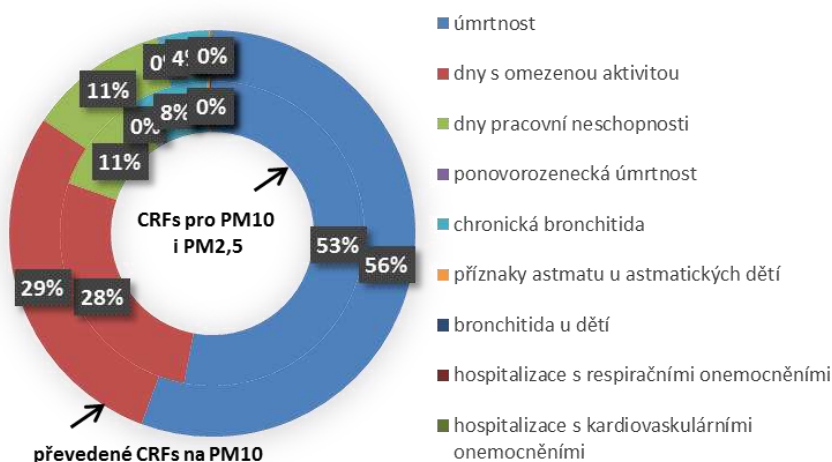
Pro hodnocení dopadů emisí prашného aerosolu z těžby na lomu ČSA byly zpracovány detailní rozptylové studie pro výchozí stav roku 2015, stav v roce 2030 (ve variantě 3 se zachováním části Horního Jiřetína, ve variantě 4 bez osídlení Horního Jiřetína a Černic) a stav na konci hodnoceného období v roce 2050 (odpovídající variantě 4).

Rozptylové studie zahrnují území s celkovým počtem 79 923 obyvatel ve výchozím stavu (2015), 79 116 obyvatel ve variantě 3 po roce 2020, resp. 77 781 obyvatel ve variantě 4 po roce 2020.

Namodelované imisní příspěvky  $PM_{10}$  se v roce 2015 pohybují v rozmezí  $0,001-13,9 \mu g/m^3$  v obydlené zástavbě je však nejvyšší modelovaný příspěvek jen  $1,6 \mu g/m^3$ . U  $PM_{2,5}$  jsou imisní příspěvky v roce 2015 namodelovány v rozmezí  $0-4,2 \mu g/m^3$ , v obydlené zástavbě však nejvýše  $0,5 \mu g/m^3$ . V roce 2030 jsou pro variantu 3 namodelovány imisní příspěvky  $PM_{10}$  v rozmezí  $0,001-14,6 \mu g/m^3$  (v obydlené zástavbě pouze do  $1,5 \mu g/m^3$ ), u  $PM_{2,5}$  pak v rozmezí  $0-4,4 \mu g/m^3$  (v obydlené zástavbě do  $0,5 \mu g/m^3$ ), pro variantu 4 jsou hodnoty prakticky totožné. Konečně v roce 2050 ve variantě 4 jsou namodelovány imisní příspěvky  $PM_{10}$  v rozmezí  $0,001-9,2 \mu g/m^3$  (v obydlené zástavbě do  $1,5 \mu g/m^3$ ), u  $PM_{2,5}$  pak v rozmezí  $0-2,8 \mu g/m^3$  (v obydlené zástavbě do  $0,44 \mu g/m^3$ ).

Obdobně jako u výpočtu pro lom Bílina byly v prvním kroku vypočteny fyzické dopady odpovídající expozici hodnoceným frakcím prашného aerosolu. I v tomto případě je pro ilustraci uveden relativní podíl jednotlivých dopadů při použití původní sady funkcí koncentrace-odezva (vnitřní okruží) a při použití převedené sady funkcí (vnější okruží).

Obrázek 11 - procentuální podíl jednotlivých typů dopadů podle použité sady funkcí koncentrace-odezva



Na základě odhadnutého počtu fyzických dopadů a po dosazení peněžních hodnot pro tyto fyzické dopady (viz předchozí kapitola) jsou vypočteny ekonomické dopady (externí náklady) zdravotních efektů expozice prašnému aerosolu pro modelované roky 2015, 2030 a 2050. Výsledky jsou uvedeny jako trojice hodnot – spodní odhad založený na funkcích koncentrace-odezva skupiny A, centrální odhad založený na všech funkcích koncentrace-odezva pro prašný aerosol a horní odhad založený na sadě funkcí koncentrace-odezva převedené na expoziční metriku PM<sub>10</sub>. Dopady na zdraví v důsledku expozice prašnému aerosolu jsou pro rok 2015 odhadovány ve výši 0,2 mil. Kč (dolní a horní mez: 0,1 a 0,4 mil. Kč). V roce 2030 jsou ve variantě 3 odhadovány externí náklady na úrovni 0,85 mil. Kč (dolní a horní mez: 0,45 a 1,7 mil. Kč), ve variantě 4 pak na 0,6 mil. Kč (dolní a horní mez: 0,33 a 1,3 mil. Kč). Konečně pro rok 2050 ve variantě 4 jsou odhadovány externí náklady ve výši 1,16 mil. Kč (dolní a horní mez: 0,6 a 2,44 mil. Kč).

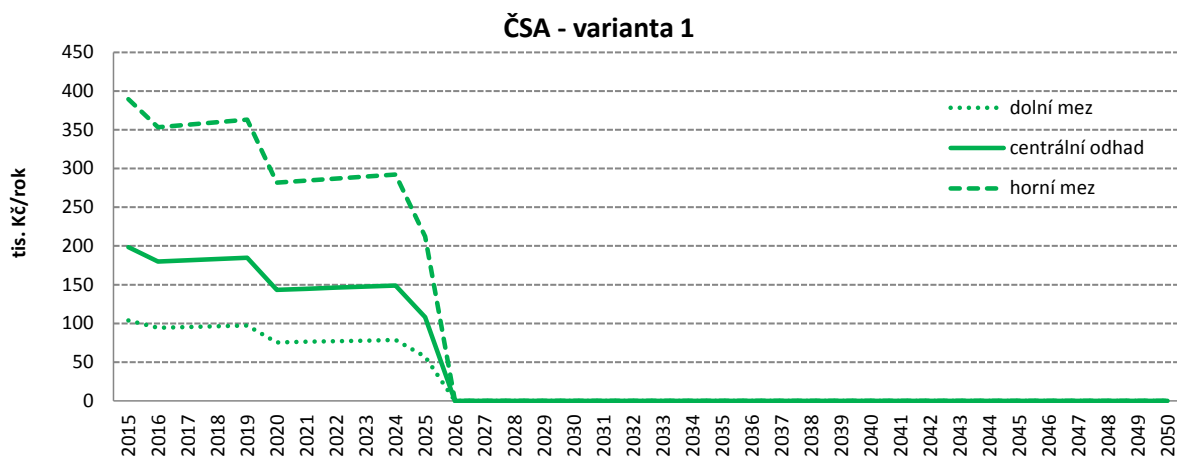
Tabulka 19 – Ocenění fyzických dopadů emisí prašného aerosolu z těžby v letech 2015, 2030 a 2050 (v Kč)

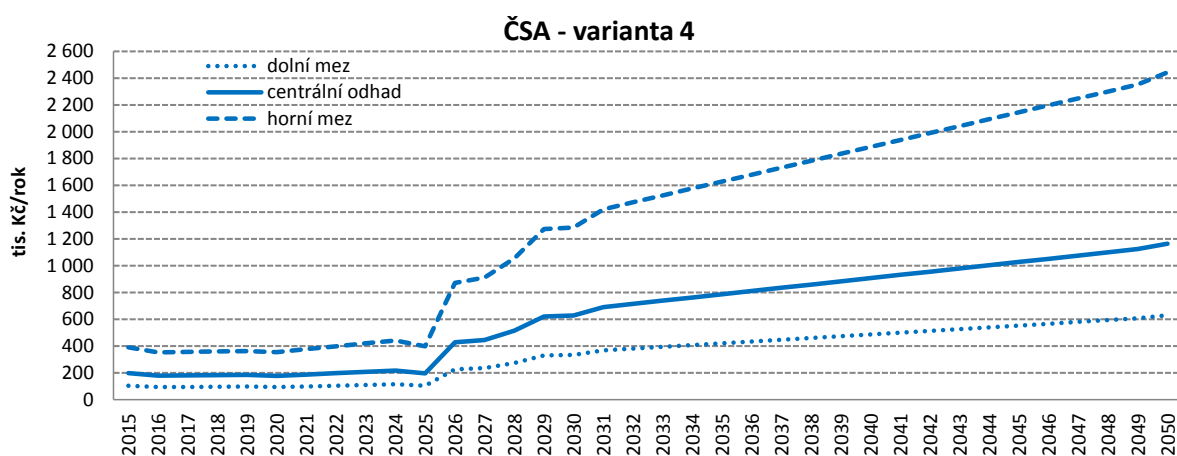
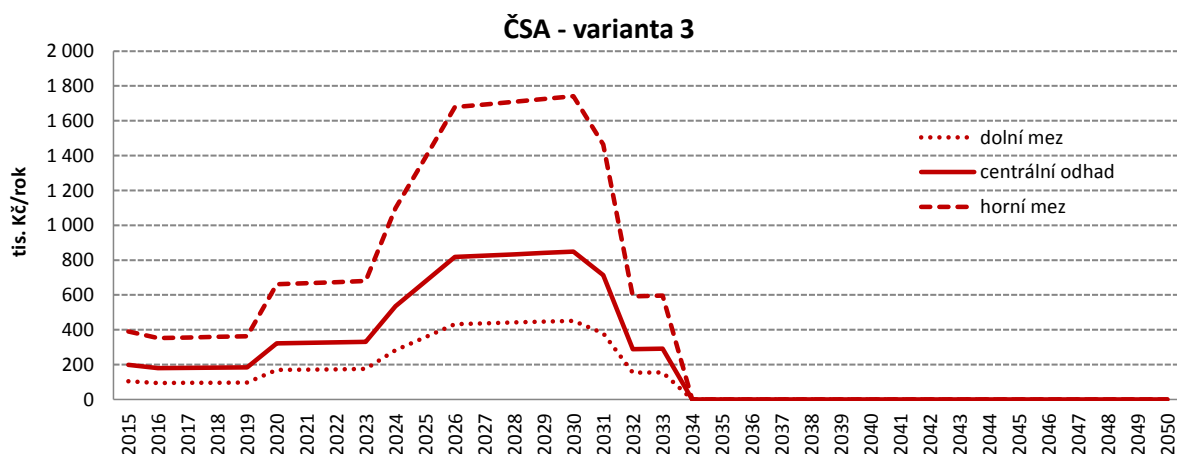
rok	dolní mez	centrální odhad	horní mez
2015	103 967	198 439	389 605
2030 (varianta 3)	450 987	848 934	1 741 333
2030 (varianta 4)	333 592	627 951	1 284 304
2050 (varianta 4)	630 023	1 164 575	2 441 968

Při výpočtu dopadů za celé hodnocené období 2015-2050 vycházíme (obdobně jako v případě lomu Bílina) z interpolace odpovídající předpokládanému vývoji těžby. Jedná se o pragmatické zjednodušení, které vychází z časových a technických možností zpracovatelů této studie a podkladové studie ATEM.

V následujících grafech jsou znázorněny odhadované externí náklady emisí prašného aerosolu za celé období let 2015-2050, opět formou centrálního odhadu a dolní a horní meze odhadu.

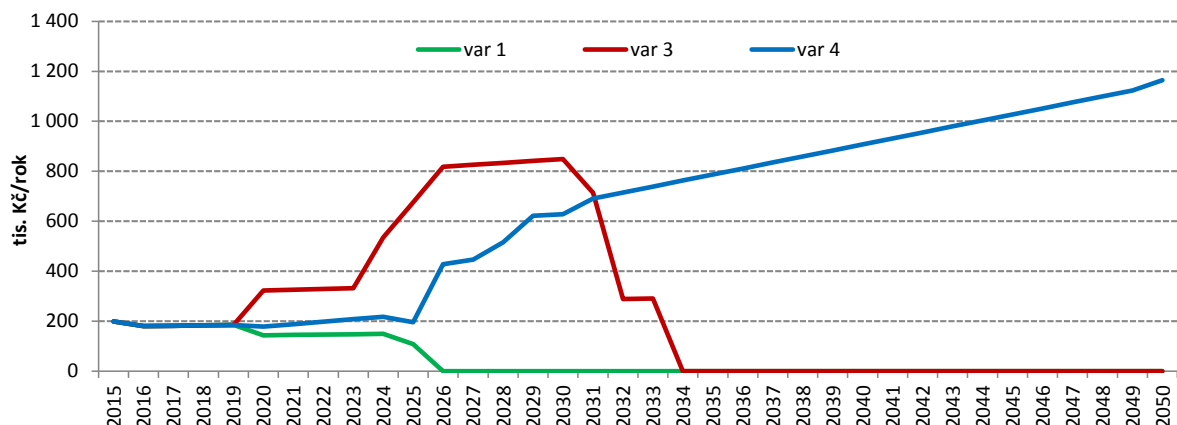
Obrázek 12 - Průběh odhadových ročních externích nákladů emisí prašného aerosolu z těžby na lomu ČSA dle jednotlivých variant





Pro ilustraci a lepší vzájemné porovnání jsou v následujícím grafu vyneseny centrální hodnoty pro jednotlivé varianty. Setrvalý nárůst odhadovaných externích nákladů ve variantě 4 po roce 2030 je (při předpokládané konstantní roční těžbě na úrovni 6 mil. t) je působen jak nárůstem počtu fyzických dopadů (tj. většího rozsahu expozice obyvatel), tak i (v podstatně menší míře) použitým nárůstem ocenění dopadů v čase (např. u cca 85% nárůstu dopadů mezi roky 2030 a 2050 ve variantě 4 připadá 65 % na nárůst počtu fyzických dopadů a zbývajících 20 % pak na růst ocenění dopadů).

Obrázek 13 - Průběh odhadových ročních externích nákladů z emisí prашného aerosolu podle variant



V souhrnu za celé hodnocené období jsou externí náklady emisí prашného aerosolu z těžby na lomu ČSA odhadovány pro variantu zachování územně ekologických limitů ve výši 1,8 mil. Kč (horní a dolní mez odhadu: 0,9 a 3,5 mil. Kč), pro variantu 2, tj. částečné prolomení – tzv. „malou Armádu“, pak ve výši 8,9 mil. Kč (horní a dolní mez odhadu: 4,7 a 18,2 mil. Kč) a pro variantu 4 (úplné prolomení limitů) ve výši 23,1 mil. Kč (horní a dolní mez odhadu: 12,4 a 47,9 mil. Kč). Rozdíl mezi externími náklady varianty zachování územně ekologických limitů a jejich korekce činí 7,1 mil. Kč v případě částečného prolomení dle varianty 3 (horní a dolní mez odhadu: 3,8 a 14,7 mil. Kč), resp. 21,4 mil. Kč v případě úplného prolomení dle varianty 4 (horní a dolní mez odhadu: 11,5 a 44,4 mil. Kč).

Tabulka 20 - Celkové externí náklady emisí prашného aerosolu z těžby na lomu ČSA dle variant korekce ÚEL (v Kč)

	dolní mez	centrální odhad	horní mez
celkem – varianta 1	929 464	1 766 555	3 468 362
celkem – varianta 3	4 713 893	8 906 309	18 187 162
celkem – varianta 4	12 387 650	23 149 751	47 889 326
rozdíl (varianta 3 – varianta 1)	3 784 429	7 139 755	14 718 801
rozdíl (varianta 4 – varianta 1)	11 458 186	21 383 196	44 420 964

### 5.1.2. Hluková zátěž obyvatelstva

Modelování hlukové zátěže vychází opět z podkladové studie *Kvantifikace environmentálních dopadů (znečištění ovzduší a hlukové zátěže obyvatel) z povrchové těžby hnědého uhlí v Severočeské hnědouhelné pánvi v těžebních lokalitách velkolomů Bílina a ČSA a využití vydobytého hnědého uhlí ve spalovacích procesech pro výrobu elektřiny a tepla na území ČR* (ATEM, 2015). Jedná se v tomto případě o ekonomické hodnocení zátěže obyvatelstva hlukem splňující hlukové limity stanovené příslušnou právní úpravou, neboť dle údajů poskytnutých pro zpracování citované podkladové studie, k překročení hygienického limitu 40 dB  $L_{Aeq}$  nebude docházet. S ohledem na parametrizaci použitého vztahu expozice-odezva (viz předchozí kapitola), u něhož je dolní hranice platnosti omezena hladinou hluku 35 dB, se proto hodnocení pohybuje ve velmi úzkém rozpětí hodnot expozice 35-40 dB.

#### Bílina

Pro modelování hlukové zátěže byla v případě velkolomu Bílina vypracována hluková studie pro situaci v letech 2015, 2035 a 2048. Počty obyvatel v expoziční hlukové hladině 35-40 dB a na základě vztahu expozice-odezva odhadované počty obtěžovaných obyvatel uvádí následující tabulka.

Tabulka 21 – Obyvatele zasažení a obtěžování hlukem v modelovaných letech 2015, 2035 a 2048

rok	počet obyvatel nad 35 dB	predikovaný počet osob obtěžovaných hlukem		
		lehce obtěžovaní	(středně) obtěžovaní	silně obtěžovaní
2015	1823	120	44	20
2035	1185	78	28	13
2048	686	45	16	8

K jednotlivým úrovním obtěžování byly přiřazeny hodnoty ochoty přijmout kompenzaci za strpění hlukové zátěže popsané v předchozí kapitole. Výsledné ocenění obtěžování hlukem pro modelované roky shrnuje následující tabulka.

Tabulka 22 - Ocenění obtěžování hlukem v modelovaných letech 2015, 2035 a 2048 (v Kč)

rok	lehce obtěžování	(středně) obtěžování	silně obtěžování	celkem
2015	119 130	86 640	66 183	271 953
2035	93 187	67 773	51 771	212 731
2048	60 845	44 251	33 803	138 899

Vzhledem k předpokládanému téměř lineárnímu vývoji těžby na lomu Bílina ve variantě 2 a nedostatku dalších podkladů pro výpočet je odhad celkových externích nákladů expozice hluku založen na interpolaci výše uvedených hodnot odvozených pro roky 2015, 2035 a 2048. Predikované počty obyvatel pro výpočet dopadů hluku za celé období ilustruje následující tabulka.

Tabulka 23 - Predikované počty obyvatel zasažených a obtěžovaných hlukem nad 35 dB

rok	počet obyvatel nad 35 dB	predikovaný počet osob obtěžovaných hlukem		
		lehce obtěžování	(středně) obtěžování	silně obtěžování
2016	1 802	119	43	20
2017	1 768	117	42	19
...				
2049	672	44	16	7
2050	638	42	15	7

S využitím peněžního ocenění jednotlivých úrovní obtěžování bylo odvozeno ocenění obtěžování hlukem pro celé období 2015-2050 pro variantu 2. Pro variantu 1 jsou pro období těžby (2015-2036) použity shodné hodnoty jako pro variantu 2; toto zjednodušení znamená, že odhadované externí náklady hluku pro variantu 1 jsou pravděpodobně nadhodnocené.

Odhadované celkové externí náklady hluku působeného těžbou na lomu Bílina jsou ve variantě 1 odhadovány na úrovni 5,5 mil. Kč, ve variantě 2 pak na úrovni 7,6 mil. Kč. Rozdíl těchto odhadů (2,1 mil. Kč) pak představuje externí náklady hluku z těžby v letech 2037-2050.

Tabulka 24 - Ocenění obtěžování hlukem pro celé období 2015-2050 (v Kč)

úroveň obtěžování/varianta	varianta 1	varianta 2
lehce obtěžování	2 410 282	3 342 919
(středně) obtěžování	1 752 932	2 431 214
silně obtěžování	1 339 045	1 857 177
celkem	5 502 259	7 631 310

## ČSA

Pro modelování hlukové zátěže byla v případě velkolomu ČSA vypracována hluková studie pro situaci v letech 2015, 2030 a 2050. Počty obyvatel v expoziční hlukové hladině 35-40 dB a na základě vztahu expozice-odezva odhadované počty obtěžovaných obyvatel uvádí následující tabulka.

Tabulka 25 – Obyvatele zasažení a obtěžování hlukem v modelovaných letech 2015, 2030 a 2050

rok	počet obyvatel nad 35 dB	predikovaný počet osob obtěžovaných hlukem		
		lehce obtěžovaní	(středně) obtěžovaní	silně obtěžovaní
2015	953	63	23	10
2030	279	18	7	3
2050	524	35	13	6

K jednotlivým úrovním obtěžování byly přiřazeny hodnoty ochoty přijmout kompenzaci za strpění hlukové zátěže popsané v předchozí kapitole. Výsledné ocenění obtěžování hlukem pro modelované roky shrnuje následující tabulka.

Tabulka 26 - Ocenění obtěžování hlukem v modelovaných letech 2015, 2030 a 2050 (v Kč)

rok	lehce obtěžovaní	(středně) obtěžovaní	silně obtěžovaní	celkem
2015	62 277	45 292	34 598	142 167
2030	20 948	15 235	11 638	47 821
2050	47 345	34 433	26 303	108 080

Pro variantu 1 jsou pro výpočet na celou zbývající dobu těžby (do 2024) použity shodné počty zasažených obyvatel (odpovídající počtu v období 2015-2020 ve variantě 3 a 4). Pro variantu 3 jsou pro období těžby do roku 2020 použité shodné hodnoty jako u ostatních variant a pro období 2021-2033 aproximace podle hodnot odpovídajících roku 2030. Ve variantě 4 nedochází po vysídlení Horního Jiřetína a Černic v období (minimálně) 2021-2030 k zasažení žádného obyvatelstva hlukem nad 35 dB, období 2031-2050 je aproximováno na dosažení počtu 524 zasažených osob v roce 2050. Predikované počty obyvatel pro výpočet dopadů hluku za celé období ilustruje následující tabulka.

Tabulka 27 - Predikované počty obyvatel zasažených a obtěžovaných hlukem nad 35 dB podle variant

rok	počet obyvatel nad 35 dB	predikovaný počet osob obtěžovaných hlukem		
		lehce obtěžovaní	(středně) obtěžovaní	silně obtěžovaní
varianta 3				
2015-2020	953	63	23	10
2021	157	10	4	2
...				
2033	316	21	8	3
varianta 4				
2015-2020	953	63	23	10
2021-2030	0	0	0	0
2031	26	2	1	0
...				
2049	512	44	16	7
2050	524	35	13	6

Následně je pomocí peněžního ocenění jednotlivých úrovní obtěžování odvozeno ocenění obtěžování hlukem jednotlivých variant pro celé období 2015-2050. Výsledné ocenění dopadů hluku za celý horizont těžby do roku 2050 je u všech tří variant podobné – ve variantě 1 přibližně 1,5 mil. Kč, ve variantě 2 téměř 1,3 mil. Kč a ve variantě 4 bezmála 2 mil. Kč. Rozhodující význam zde má částečné resp. úplné vysídlení Horní Jiřetína ve variantách 3 a 4.

Tabulka 28 - Ocenění obtěžování hlukem pro jednotlivé varianty (v Kč)

úroveň obtěžování/varianta	varianta 1	varianta 3	varianta 4
lehce obtěžování	649 488	559 563	851 735
(středně) obtěžování	472 355	406 955	619 443
silně obtěžování	360 826	310 869	473 186
<b>celkem</b>	<b>1 482 669</b>	<b>1 277 387</b>	<b>1 944 364</b>

## 5.2. Hodnocení externích nákladů z procesů užití HU v energetických provozech

### 5.2.1. Odhad produkce znečišťujících látek

Odhad produkce znečišťujících látek a emisí CO<sub>2</sub>, jako hlavní parametr pro hodnocení externalit z jednotlivých variant ÚEL, je převzat z komplementární studie ATEM (2015). Tabulka 29 uvádí predikci produkce emisí primárních znečišťujících látek v jednotlivých variantách od roku 2016 do roku 2050 a za celé období 2015 – 2050. Tabulka 30 pak porovnává rozdíl v produkci emisí primárních znečišťujících látek ve variantách 2 až 4 oproti variantě 1.

Tabulka 29 – Emise primárních znečišťujících látek (t/rok)

Varianta a polutant / rok		2016	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	Celkem 2015-2050
PM <sub>10</sub>	var 1	1 155	1 119	878	728	707	598	359	345	25 537
	var 2	1 154	1 135	899	788	744	669	429	386	27 148
	var 3	1 154	1 135	978	938	744	669	429	386	28 243
	var 4	1 154	1 135	908	938	891	814	671	585	31 745
PM <sub>2,5</sub>	var 1	815	790	620	514	499	422	253	243	18 026
	var 2	814	801	635	556	525	472	303	273	19 164
	var 3	814	801	690	662	525	472	303	273	19 936
	var 4	814	801	641	662	629	575	473	413	22 408
SO <sub>2</sub>	var 1	17 798	15 890	12 159	10 236	9 760	8 270	4 879	4 634	360 731
	var 2	17 768	16 165	12 762	11 071	10 261	9 244	5 830	5 191	385 286
	var 3	17 766	16 165	13 878	13 191	10 261	9 244	5 830	5 191	400 657
	var 4	17 766	16 165	12 884	13 191	12 293	11 252	8 885	7 781	445 861
NO <sub>x</sub>	var 1	17 422	16 904	13 658	11 504	11 091	9 369	5 518	5 265	395 284
	var 2	17 403	17 223	14 335	12 442	11 660	10 473	6 593	5 898	423 043
	var 3	17 402	17 223	15 589	14 824	11 660	10 473	6 593	5 898	440 337
	var 4	17 402	17 223	14 472	14 824	13 968	12 748	10 600	9 065	497 251

Zdroj: ATEM (2015)

Tabulka 30 – Emise primárních znečišťujících látek - rozdíly oproti variantě 1 (t/rok)

Varianta a polutant / rok		2016	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	Celkem 2015-2050
PM <sub>10</sub>	var 2-var 1	2	16	22	59	36	70	70	41	1 611
	var 3-var 1	2	16	100	210	36	70	70	41	2 705
	var 4-var 1	2	16	30	210	184	216	312	241	6 208
PM <sub>2.5</sub>	var 2-var 1	1	11	15	42	26	50	49	29	1 137
	var 3-var 1	1	11	71	148	26	50	49	29	1 910
	var 4-var 1	1	11	21	148	130	152	220	170	4 382
SO <sub>2</sub>	var 2-var 1	31	275	602	835	501	974	950	557	24 555
	var 3-var 1	32	275	1 719	2 954	501	974	950	557	39 926
	var 4-var 1	32	275	725	2 954	2 532	2 982	4 005	3 147	85 130
NO <sub>x</sub>	var 2-var 1	19	318	677	938	569	1 103	1 075	633	27 759
	var 3-var 1	19	318	1 931	3 320	569	1 103	1 075	633	45 054
	var 4-var 1	19	318	814	3 320	2 878	3 378	5 082	3 800	101 968

Zdroj: vlastní výpočet na základě ATEM (2015)

Tabulka 31 uvádí predikci produkce emisí těžkých kovů v jednotlivých variantách od roku 2016 do roku 2050 a za celé období 2015 – 2050. Tabulka 30 pak porovnává rozdíl v produkci emisí těžkých kovů ve variantách 2 až 4 oproti variantě 1.

Tabulka 31 – Emise těžkých kovů (t/rok)

Varianta a polutant / rok		2016	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	Celkem 2015-2050
Arsen	var 1	0.86	0.66	0.49	0.24	0.24	0.00	0.00	0.00	11.17
	var 2	0.85	0.80	0.70	0.53	0.43	0.37	0.29	0.17	19.47
	var 3	0.85	0.80	0.92	0.94	0.43	0.37	0.29	0.17	22.42
	var 4	0.85	0.80	0.73	0.94	0.83	0.78	0.69	0.57	29.33
Kadmium	var 1	0.11	0.08	0.06	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	1.42
	var 2	0.11	0.10	0.09	0.07	0.05	0.05	0.04	0.02	2.47
	var 3	0.11	0.10	0.12	0.12	0.05	0.05	0.04	0.02	2.84
	var 4	0.11	0.10	0.09	0.12	0.11	0.10	0.09	0.07	3.72
Nikl	var 1	2.19	1.67	1.25	0.62	0.62	0.00	0.00	0.00	28.36
	var 2	2.17	2.02	1.79	1.35	1.09	0.94	0.73	0.43	49.44
	var 3	2.17	2.02	2.34	2.38	1.09	0.94	0.73	0.43	56.91
	var 4	2.17	2.02	1.85	2.38	2.11	1.97	1.75	1.46	74.45
Olovo	var 1	0.52	0.39	0.29	0.14	0.14	0.00	0.00	0.00	6.67
	var 2	0.51	0.48	0.42	0.32	0.26	0.22	0.17	0.10	11.63
	var 3	0.51	0.48	0.55	0.56	0.26	0.22	0.17	0.10	13.38
	var 4	0.51	0.48	0.43	0.56	0.50	0.46	0.41	0.34	17.51
Rtuť	var 1	0.14	0.11	0.08	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	1.86
	var 2	0.14	0.13	0.12	0.09	0.07	0.06	0.05	0.03	3.24
	var 3	0.14	0.13	0.15	0.16	0.07	0.06	0.05	0.03	3.74
	var 4	0.14	0.13	0.12	0.16	0.14	0.13	0.12	0.10	4.89
Chrom	var 1	2.12	1.62	1.21	0.60	0.60	0.00	0.00	0.00	27.49
	var 2	2.10	1.96	1.73	1.31	1.05	0.91	0.71	0.41	47.91
	var 3	2.10	1.96	2.26	2.31	1.05	0.91	0.71	0.41	55.16
	var 4	2.10	1.96	1.79	2.31	2.05	1.91	1.70	1.41	72.16

Zdroj: ATEM (2015)



Tabulka 32 – Emise těžkých kovů - rozdíly oproti variantě 1 (t/rok)

Varianta a polutant / rok		2016	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	Celkem 2015-2050
Arsen	var 2-var 1	- 0.01	0.14	0.21	0.29	0.19	0.37	0.29	0.17	8.30
	var 3-var 1	- 0.01	0.14	0.43	0.69	0.19	0.37	0.29	0.17	11.25
	var 4-var 1	- 0.01	0.14	0.24	0.69	0.59	0.78	0.69	0.57	18.15
Kadmium	var 2-var 1	- 0.00	0.02	0.03	0.04	0.02	0.05	0.04	0.02	1.05
	var 3-var 1	- 0.00	0.02	0.05	0.09	0.02	0.05	0.04	0.02	1.43
	var 4-var 1	- 0.00	0.02	0.03	0.09	0.07	0.10	0.09	0.07	2.30
Nikl	var 2-var 1	- 0.03	0.35	0.54	0.74	0.47	0.94	0.73	0.43	21.07
	var 3-var 1	- 0.03	0.35	1.09	1.76	0.47	0.94	0.73	0.43	28.55
	var 4-var 1	- 0.03	0.35	0.60	1.76	1.50	1.97	1.75	1.46	46.09
Olovo	var 2-var 1	- 0.01	0.08	0.13	0.17	0.11	0.22	0.17	0.10	4.96
	var 3-var 1	- 0.01	0.08	0.26	0.41	0.11	0.22	0.17	0.10	6.71
	var 4-var 1	- 0.01	0.08	0.14	0.41	0.35	0.46	0.41	0.34	10.84
Rtuť	var 2-var 1	- 0.00	0.02	0.04	0.05	0.03	0.06	0.05	0.03	1.38
	var 3-var 1	- 0.00	0.02	0.07	0.12	0.03	0.06	0.05	0.03	1.87
	var 4-var 1	- 0.00	0.02	0.04	0.12	0.10	0.13	0.12	0.10	3.03
Chrom	var 2-var 1	- 0.02	0.34	0.52	0.71	0.46	0.91	0.71	0.41	20.42
	var 3-var 1	- 0.03	0.34	1.05	1.71	0.46	0.91	0.71	0.41	27.67
	var 4-var 1	- 0.03	0.34	0.58	1.71	1.45	1.91	1.70	1.41	44.67

Zdroj: vlastní výpočet na základě ATEM (2015)

V rámci doplňkového scénáře Odhadu externích nákladů spojených se změnou klimatu jsou počty následující predikce produkce emisí CO<sub>2</sub>, kdy Tabulka 33 uvádí predikci produkce emisí CO<sub>2</sub> v jednotlivých variantách od roku 2016 do roku 2050 a za celé období 2015 – 2050. Tabulka 34 pak porovnává rozdíl v produkci emisí CO<sub>2</sub> ve variantách 2 až 4 oproti variantě 1.

Tabulka 33 – Emise CO<sub>2</sub> ze spalování uhlí podle kategorií energetických zařízení (mil. t. /rok)

Kategorie zdroje a varianta / rok		2016	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	Celkem 2015-2050
Elektrárny	var1	9.68	7.80	6.22	2.88	2.97	-	-	-	131.36
	var2	9.58	9.37	8.79	6.31	5.25	4.90	2.79	1.70	226.97
	var3	9.57	9.37	11.88	11.98	5.25	4.90	2.79	1.70	268.15
	var4	9.57	9.37	9.13	11.98	11.11	11.21	9.45	7.34	379.88
Velké teplárny	var1	5.68	3.93	2.69	1.17	1.19	-	-	-	65.31
	var2	5.61	4.72	3.81	2.57	2.10	1.38	1.69	1.03	107.50
	var3	5.61	4.72	5.14	4.88	2.10	1.38	1.69	1.03	125.24
	var4	5.61	4.72	3.95	4.88	4.44	3.17	3.48	3.49	156.69
Střední teplárny	var1	0.89	0.72	0.59	0.29	0.23	-	-	-	12.44
	var2	0.88	0.86	0.83	0.64	0.41	0.38	0.28	0.17	21.11
	var3	0.88	0.86	1.12	1.21	0.41	0.38	0.28	0.17	25.23
	var4	0.88	0.86	0.86	1.21	0.87	0.87	0.59	0.57	31.51
Malé teplárny	var1	0.64	0.47	0.24	0.11	0.11	-	-	-	6.92
	var2	0.64	0.56	0.34	0.25	0.20	0.18	0.17	0.10	11.34
	var3	0.64	0.56	0.46	0.48	0.20	0.18	0.17	0.10	13.01
	var4	0.64	0.56	0.35	0.48	0.42	0.41	0.36	0.34	16.41
Závodní energetiky	var1	2.24	1.67	1.15	0.69	0.63	-	-	-	28.74
	var2	2.22	2.00	1.63	1.51	1.12	1.02	1.13	0.58	53.72
	var3	2.22	2.00	2.20	2.87	1.12	1.02	1.13	0.58	62.81
	var4	2.22	2.00	1.69	2.87	2.37	2.33	2.33	1.97	83.03

Kvantifikace environmentálních a zdravotních dopadů (externích nákladů) z povrchové těžby hnědého uhlí v Severočeské hnědouhelné pánvi v těžebních lokalitách velkolomů Bílina a ČSA a využití vydobytého hnědého uhlí ve spalovacích procesech pro výrobu elektřiny a tepla na území ČR

<b>Celkem</b>	<b>var1</b>	19.14	14.58	10.89	5.14	5.14	-	-	-	244.76
	<b>var2</b>	18.93	17.51	15.40	11.29	9.07	7.86	6.07	3.57	420.64
	<b>var3</b>	18.92	17.51	20.80	21.42	9.07	7.86	6.07	3.57	494.44
	<b>var4</b>	18.92	17.51	15.99	21.42	19.21	17.99	16.21	13.71	667.52

Zdroj: ATEM (2015)

Tabulka 34 – Emise CO<sub>2</sub> ze spalování uhlí podle kategorií energetických zařízení - rozdíly oproti variantě 1 (mil. t/rok)

Varianta a polutant / rok		2016	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	Celkem 2015-2050
<b>Elektrárny</b>	<b>var 2-var 1</b>	- 0.11	1.57	2.57	3.44	2.27	4.90	2.79	1.70	95.61
	<b>var 3-var 1</b>	- 0.11	1.57	5.66	9.10	2.27	4.90	2.79	1.70	136.79
	<b>var 4-var 1</b>	- 0.11	1.57	2.91	9.10	8.13	11.21	9.45	7.34	248.52
<b>Velké teplárny</b>	<b>var 2-var 1</b>	- 0.06	0.79	1.11	1.40	0.91	1.38	1.69	1.03	42.19
	<b>var 3-var 1</b>	- 0.06	0.79	2.45	3.71	0.91	1.38	1.69	1.03	59.93
	<b>var 4-var 1</b>	- 0.06	0.79	1.26	3.71	3.25	3.17	3.48	3.49	91.38
<b>Střední teplárny</b>	<b>var 2-var 1</b>	- 0.01	0.14	0.24	0.35	0.18	0.38	0.28	0.17	8.67
	<b>var 3-var 1</b>	- 0.01	0.14	0.54	0.92	0.18	0.38	0.28	0.17	12.79
	<b>var 4-var 1</b>	- 0.01	0.14	0.28	0.92	0.64	0.87	0.59	0.57	19.07
<b>Malé teplárny</b>	<b>var 2-var 1</b>	- 0.01	0.09	0.10	0.14	0.09	0.18	0.17	0.10	4.42
	<b>var 3-var 1</b>	- 0.01	0.09	0.22	0.36	0.09	0.18	0.17	0.10	6.09
	<b>var 4-var 1</b>	- 0.01	0.09	0.11	0.36	0.31	0.41	0.36	0.34	9.49
<b>Závodní energetiky</b>	<b>var 2-var 1</b>	- 0.02	0.33	0.48	0.82	0.48	1.02	1.13	0.58	24.98
	<b>var 3-var 1</b>	- 0.03	0.33	1.05	2.18	0.48	1.02	1.13	0.58	34.07
	<b>var 4-var 1</b>	- 0.03	0.33	0.54	2.18	1.73	2.33	2.33	1.97	54.29
<b>Celkem</b>	<b>var 2-var 1</b>	- 0.21	2.93	4.50	6.14	3.93	7.86	6.07	3.57	175.87
	<b>var 3-var 1</b>	- 0.22	2.93	9.91	16.28	3.93	7.86	6.07	3.57	249.68
	<b>var 4-var 1</b>	- 0.22	2.93	5.09	16.28	14.06	17.99	16.21	13.71	422.75

Zdroj: vlastní výpočet na základě ATEM (2015)

### 5.2.2. Hodnocení fyzických efektů

Hodnocení fyzických efektů zahrnuje výpočet negativních účinků na lidské zdraví v důsledku expozice znečišťujícím látkám emitovaným z velkých stacionárních spalovacích zdrojů využívající uhlí z velkolomů Bílina a ČSA dle variant úpravy limitů těžby pro období let 2015-2050.

Pro odhad fyzických efektů jsou použity funkce expozice-odezva popsané v předchozí části studie (při zohlednění předpokládaného stárnutí populace) a podrobné mapy imisních polí pro jednotlivé hodnocené znečišťující látky, které mají přímý efekt na lidské zdraví – prašný aerosol frakce PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>10</sub> a oxidy dusíky (NO<sub>x</sub>). Poklady v podobě map imisních polí jsou převzaty z podkladové studie *Kvantifikace environmentálních dopadů (znečištění ovzduší a hlukové zátěže obyvatel) z povrchové těžby hnědého uhlí v Severočeské hnědouhelné pánvi v těžebních lokalitách velkolomů Bílina a ČSA a využití vydobytého hnědého uhlí ve spalovacích procesech pro výrobu elektřiny a tepla na území ČR* (ATEM, 2015). Pro hodnocenou oblast dopadů – území ČR – se jedná o celkem 396 map imisních polí (33 hodnocených stacionárních zdrojů x tři hodnocené znečišťující látky x 4 varianty úpravy limitů).

V následujících tabulkách jsou uvedeny odhadované počty konkrétních negativních efektů na zdraví ve vybraných letech hodnoceného období za jednotlivé varianty. V prvním časovém úseku 2015-2020 jsou rozdíly mezi variantami minimální, po roce 2020 se varianty postupně odlišují.

Tabulka 35 - Počty fyzických dopadů - varianta 1 (počet let/ počet dní/ počet hospitalizací/ počet případů)

Fyzický dopad/rok	2015	2020	2025	2030	2040	2050
<b>PM<sub>2,5</sub></b>						
roky ztraceného života	73,7	61,4	40,0	19,2	0	0
dny s omezenou aktivitou	6 502	5 377	3 474	1 658	0	0
dny pracovní neschopnosti	2 901	2 351	1 488	695	0	0
hospitalizace s kardiovaskulárními onemocněními	3,0	2,5	1,6	0,8	0	0
hospitalizace s respiračními onemocněními	0,27	0,22	0,14	0,07	0	0
<b>PM<sub>10</sub></b>						
ponovorozenecská úmrtnost	0,004	0,003	0,002	0,001	0	0
chronická bronchitida	5,3	4,4	2,9	1,4	0	0
příznaky astmatu u astmatických dětí	154	125	79	37	0	0
bronchitida u dětí	18,1	14,6	9,1	4,2	0	0
<b>NO<sub>x</sub></b>						
roky ztraceného života	1 031	759	489	238	0	0
bronchitida u dětí	13,1	9,3	5,8	2,7	0	0

Tabulka 36 - Počty fyzických dopadů - varianta 2 (počet let/ počet dní/ počet hospitalizací/ počet případů)

Fyzický dopad/rok	2015	2020	2025	2030	2040	2050
<b>PM<sub>2,5</sub></b>						
roky ztraceného života	73,7	72,6	55,2	42,2	30,4	15,2
dny s omezenou aktivitou	6 501	6 355	4 791	3 637	2 580	1 271
dny pracovní neschopnosti	2 900	2 779	2 052	1 526	1 036	488
hospitalizace s kardiovaskulárními onemocněními	3,0	2,9	2,2	1,7	1,2	0,6
hospitalizace s respiračními onemocněními	0,27	0,26	0,20	0,15	0,11	0,05
<b>PM<sub>10</sub></b>						
ponovorozenecská úmrtnost	0,004	0,004	0,003	0,002	0,001	0,001
chronická bronchitida	5,3	5,2	4,0	3,0	2,2	1,1
příznaky astmatu u astmatických dětí	154	148	109	80	54	25
bronchitida u dětí	18,1	17,2	12,6	9,2	6,1	2,8
<b>NO<sub>x</sub></b>						
roky ztraceného života	1 031	901	691	522	370	184
bronchitida u dětí	13,1	11,1	8,2	6,0	4,0	1,8

Tabulka 37 - Počty fyzických dopadů - varianta 3 (počet let/ počet dní/ počet hospitalizací/ počet případů)

Fyzický dopad/rok	2015	2020	2025	2030	2040	2050
<b>PM<sub>2,5</sub></b>						
roky ztraceného života	73,7	72,6	74,7	80,4	30,4	15,2
dny s omezenou aktivitou	6 501	6 355	6 484	6 929	2 580	1 271
dny pracovní neschopnosti	2 900	2 779	2 777	2 906	1 036	488
hospitalizace s kardiovaskulárními onemocněními	3,0	2,9	3,0	3,2	1,2	0,6
hospitalizace s respiračními onemocněními	0,27	0,26	0,27	0,29	0,11	0,05
<b>PM<sub>10</sub></b>						
ponovorozenecská úmrtnost	0,004	0,004	0,004	0,004	0,001	0,001
chronická bronchitida	5,3	5,2	5,4	5,8	2,2	1,1
příznaky astmatu u astmatických dětí	154	148	147	153	54	25
bronchitida u dětí	18,1	17,2	17,0	17,6	6,1	2,8
<b>NO<sub>x</sub></b>						
roky ztraceného života	1 031	901	935	995	370	184
bronchitida u dětí	13,1	11,1	11,1	11,4	4,0	1,8

Tabulka 38 - Počty fyzických dopadů - varianta 4 (počet let/ počet dní/ počet hospitalizací/ počet případů)

Fyzický dopad/rok	2015	2020	2025	2030	2040	2050
<b>PM<sub>2,5</sub></b>						
roky ztraceného života	73,7	72,6	57,3	80,4	69,8	56,1
dny s omezenou aktivitou	6 501	6 355	4 977	6 929	5 935	4 701
dny pracovní neschopnosti	2 900	2 779	2 132	2 906	2 384	1 805
hospitalizace s kardiovaskulárními onemocněními	3,0	2,9	2,3	3,2	2,7	2,2
hospitalizace s respiračními onemocněními	0,27	0,26	0,21	0,29	0,24	0,19
<b>PM<sub>10</sub></b>						
ponovorozenecská úmrtnost	0,004	0,004	0,003	0,004	0,003	0,002
chronická bronchitida	5,3	5,2	4,1	5,8	5,0	4,0
příznaky astmatu u astmatických dětí	154	148	113	153	124	93
bronchitida u dětí	18,1	17,2	13,1	17,6	13,9	10,2
<b>NO<sub>x</sub></b>						
roky ztraceného života	1 031	901	717	995	851	738
bronchitida u dětí	13,1	11,1	8,5	11,4	9,1	7,3

V následující tabulce jsou počty fyzických/zdravotních dopadů uvedeny souhrnně za jednotlivé varianty a celé hodnocené období 2015-2050. Dopady varianty 2 jsou oproti variantě 1 přibližně o 70 % vyšší, dopady varianty 3 jsou oproti variantě 1 zhruba dvojnásobné a dopady ve variantě 4 jsou proti variantě 1 vyšší 2,7krát.

Tabulka 39 - Fyzické dopady z primárních znečišťujících látek za jednotlivé varianty za celé období 2015-2050 (počet let/ počet dní/ počet hospitalizací/ počet případů)

Fyzický dopad/varianta	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4
<b>PM<sub>2,5</sub></b>				
roky ztraceného života	941,8	1 623,6	1 898,8	2 551,4
dny s omezenou aktivitou	82 130	140 315	164 101	219 362
dny pracovní neschopnosti	35 561	59 249	69 292	91 250
hospitalizace s kardiovaskulárními onemocněními	37,8	64,7	75,6	101,1
hospitalizace s respiračními onemocněními	3,39	5,79	6,77	9,05
<b>PM<sub>10</sub></b>				
ponovorozenecká úmrtnost	0,047	0,079	0,092	0,121
chronická bronchitida	67,8	116,9	136,7	183,4
příznaky astmatu u astmatických dětí	1 889	3 132	3 663	4 800
bronchitida u dětí	219,2	359,7	420,7	547,6
<b>NO<sub>x</sub></b>				
roky ztraceného života	11 740	20 196	23 609	33 003
bronchitida u dětí	142,2	235,0	274,7	373,2

### 5.2.3. Peněžní ocenění fyzických dopadů

Na základě odhadnutého počtu fyzických dopadů pro jednotlivé hodnocené primární znečišťující látky a sady peněžních hodnot pro tyto fyzické dopady popsané v předchozí kapitole jsou vypočteny ekonomické dopady (externí náklady) zdravotních efektů expozice těmto znečišťujícím látkám.

V následující tabulce je ocenění těchto efektů uvedeno ve shodné struktuře jakou uvádí Tabulka 39, tj. pro tři hodnocené znečišťující látky, 4 varianty úpravy limitů těžby a celé hodnocené období 2015-2050. Z hlediska významnosti jednoznačně dominují dopady v podobě předčasné úmrtnosti – akutní v případě expozice NO<sub>x</sub> a chronické v případě prашného aerosolu PM<sub>2,5</sub>. V prvním případě jsou ekonomické dopady dle varianty odhadovány v rozmezí 8-23 mld. Kč za celé období 2015-2050, v druhém případě v rozmezí 0,7-1,8 mld. Kč za uvedené období

Tabulka 40 - Peněžní ocenění fyzických dopadů za varianty za celé období 2015-2050 (v mil. Kč)

Fyzický dopad/varianta	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4
<b>PM<sub>2,5</sub></b>				
úmrtnost (chronická)	668,56	1 152,73	1 348,14	1 811,48
dny s omezenou aktivitou	349,79	597,74	699,07	934,48
dny pracovní neschopnosti	141,68	235,81	275,78	363,17
hospitalizace s kardiovaskulárními onemocněními	1,17	2,00	2,34	3,13
hospitalizace s respiračními onemocněními	0,05	0,09	0,11	0,14
<b>PM<sub>10</sub></b>				
ponovorozenecká úmrtnost	1,19	1,99	2,33	3,07
chronická bronchitida	46,52	80,20	93,80	125,79
příznaky astmatu u astmatických dětí	1,69	2,80	3,28	4,29
bronchitida u dětí	1,15	1,89	2,21	2,88

<b>NO<sub>x</sub></b>				
úmrtnost (akutní)	8 335,64	14 338,96	16 762,16	23 431,86
bronchitida u dětí	0,75	1,23	1,44	1,96

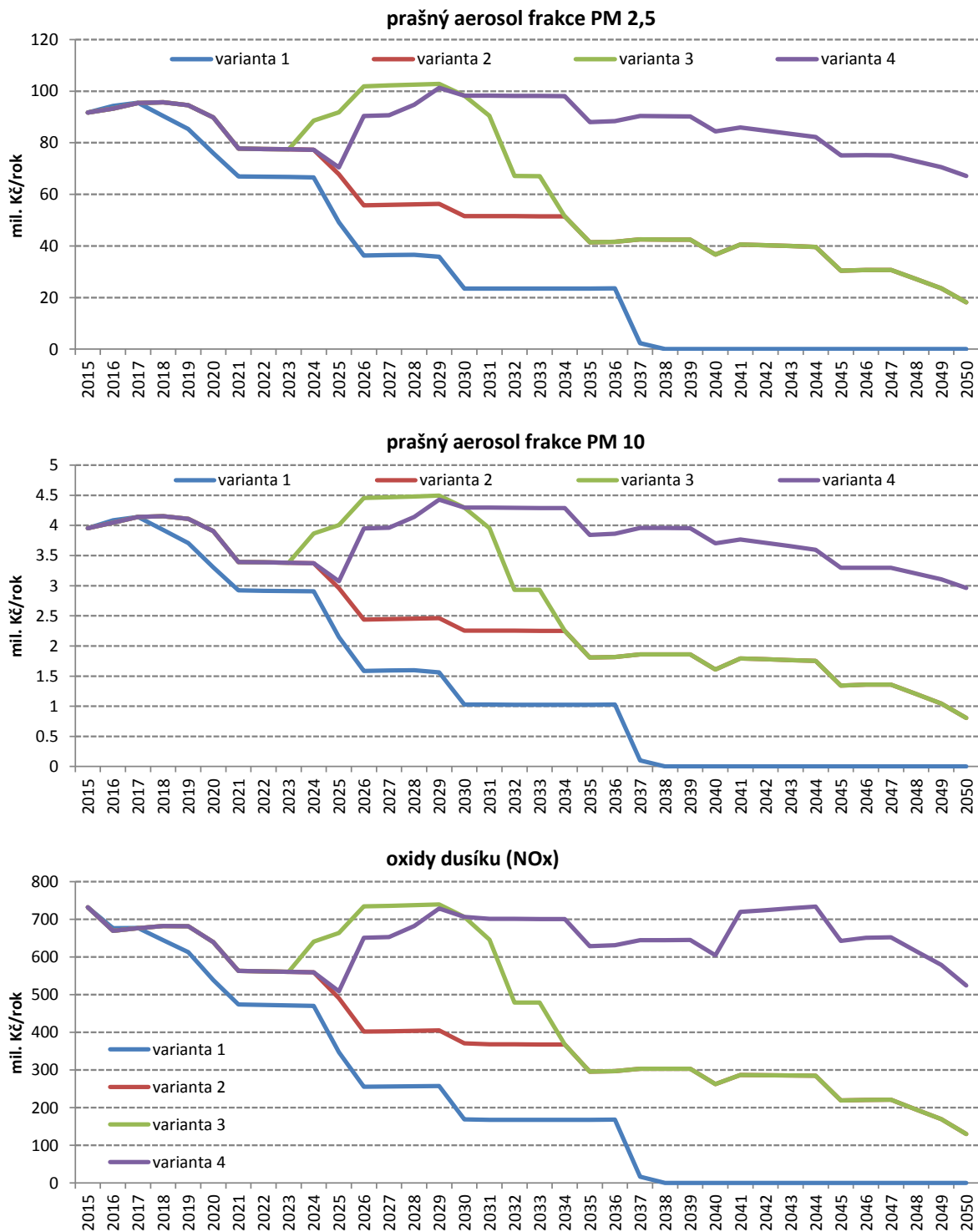
V následující tabulce jsou uvedeny externí náklady za jednotlivé hodnocené znečišťující látky, varianty úpravy těžební limitů a vybrané roky, resp. celé hodnocené období. Ve variantě 1 jsou po ukončení těžby na velkolomu Bílina v roce 2037 (na ČSA již v roce 2025) tyto efekty hodnoceny jako nulové, vzhledem k omezení hodnocení pouze na uhlí z těchto velkolomů.

Tabulka 41 - Externí náklady primárních znečišťujících látek ve vybraných letech a celkem za celé období (v mil. Kč)

<b>Varianta/rok</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>	<b>CELKEM 2015-2050</b>
	<b>PM<sub>2,5</sub></b>								
varianta 1	91,7	76,0	49,2	23,5	23,5	0	0	0	<b>1 161,3</b>
varianta 2	91,7	89,8	67,8	51,6	41,4	36,7	30,4	18,1	<b>1 988,4</b>
varianta 3	91,7	89,8	91,8	98,2	41,4	36,7	30,4	18,1	<b>2 325,4</b>
varianta 4	91,7	89,8	70,4	98,2	88,0	84,4	75,1	67,1	<b>3 112,4</b>
	<b>PM<sub>10</sub></b>								
varianta 1	4,0	3,3	2,1	1,0	1,0	0	0	0	<b>50,6</b>
varianta 2	4,0	3,9	3,0	2,3	1,8	1,6	1,3	0,8	<b>86,9</b>
varianta 3	4,0	3,9	4,0	4,3	1,8	1,6	1,3	0,8	<b>101,6</b>
varianta 4	4,0	3,9	3,1	4,3	3,8	3,7	3,3	3,0	<b>136,0</b>
	<b>NO<sub>x</sub></b>								
varianta 1	732,1	539,0	347,2	169,0	167,6	0	0	0	<b>8 336,4</b>
varianta 2	732,1	639,8	490,4	370,9	295,6	262,9	219,3	130,4	<b>14 340,2</b>
varianta 3	732,1	639,8	663,6	706,5	295,6	262,9	219,3	130,4	<b>16 763,6</b>
varianta 4	732,1	639,8	509,3	706,5	628,5	604,6	643,0	524,3	<b>23 433,8</b>
	<b>primární znečišťující látky celkem</b>								
varianta 1	827,7	618,2	398,5	193,5	192,1	0	0	0	<b>9 548,2</b>
varianta 2	827,7	733,5	561,1	424,7	338,8	301,2	251,0	149,4	<b>16 415,5</b>
varianta 3	827,7	733,5	759,4	809,0	338,8	301,2	251,0	149,4	<b>19 190,7</b>
varianta 4	827,7	733,5	582,8	809,0	720,3	692,7	721,4	594,4	<b>26 682,3</b>

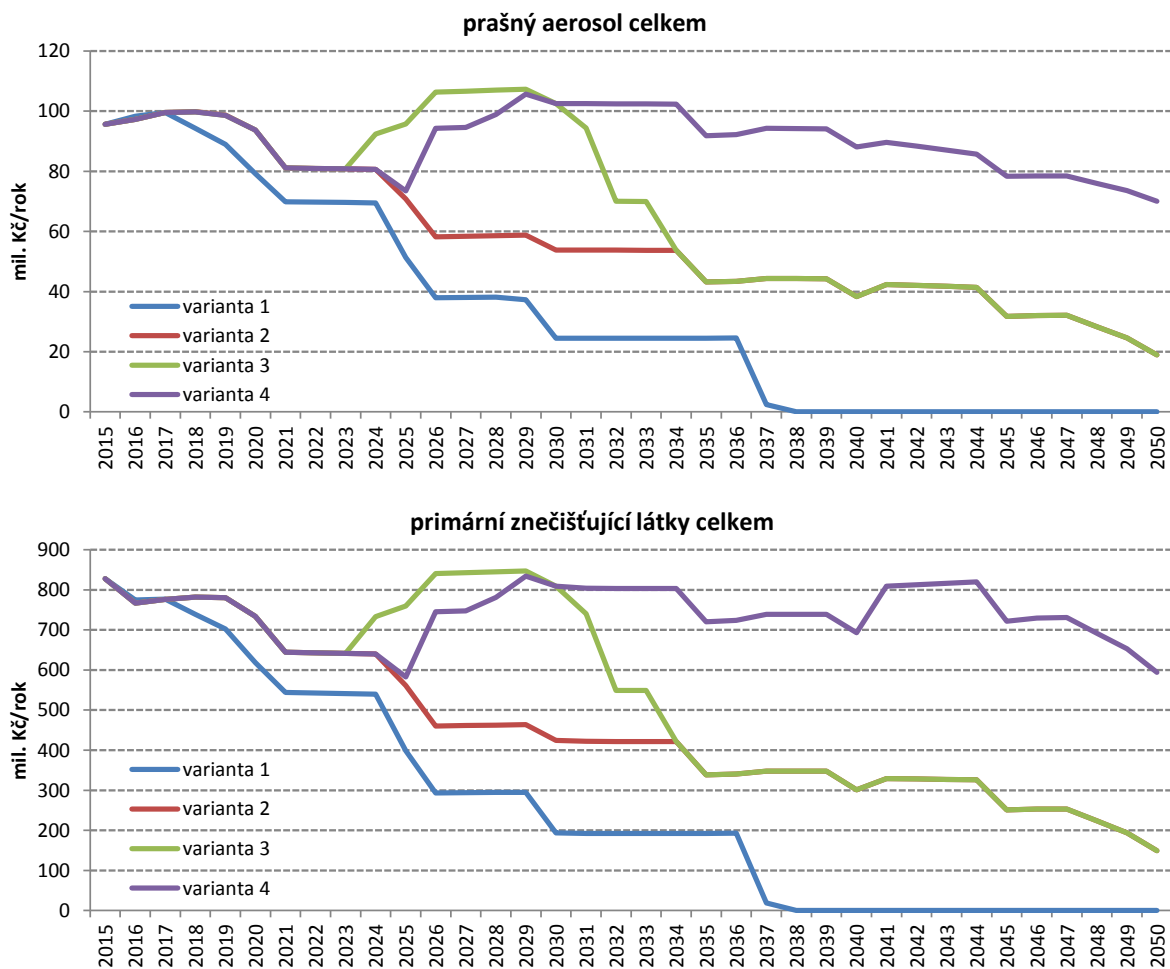
Vývoj externích nákladů v hodnoceném období 2015-2050 za jednotlivé varianty a hodnocené primární znečišťující látky přibližují následující grafy.

Obrázek 14 - Externí náklady za jednotlivé primární znečišťující látky – prašný aerosol frakcí  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  a oxidy dusíku ( $NO_x$ ).



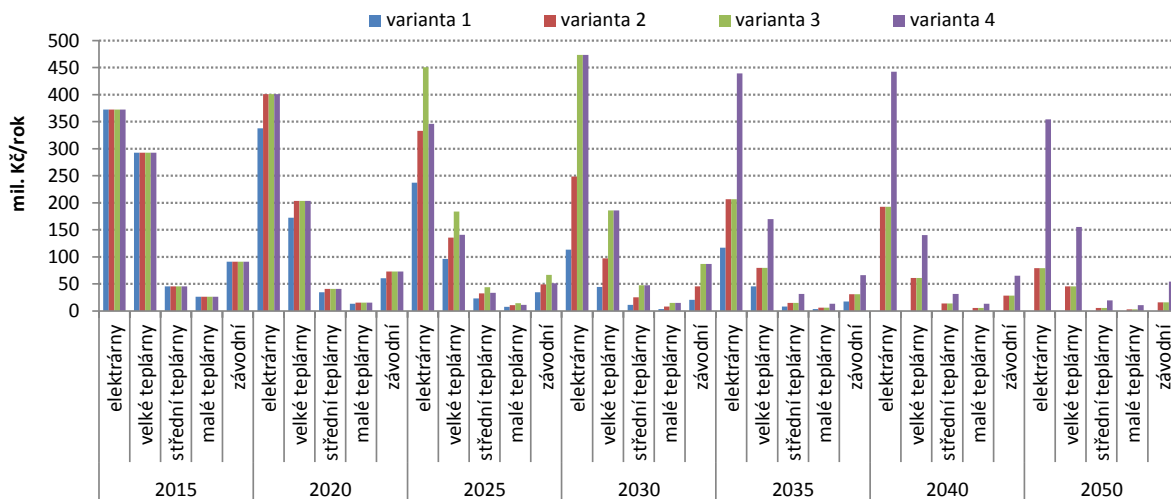
Následující dva grafy přibližují vývoj externích nákladů dle jednotlivých variant v hodnoceném období 2015-2050 v součtu za prašný aerosol ( $PM_{2,5}$  a  $PM_{10}$ ) a za všechny tři hodnocené primární znečišťující látky.

Obrázek 15 - Externí náklady za prašný aerosol ( $PM_{2.5}$  a  $PM_{10}$ ) a za primární znečišťující látky celkem



Následující graf přibližuje rozložení působených externích nákladů mezi kategoriemi zdrojů v členění dle studie MPO (2015a) – elektrárny, velké, střední a malé teplárny a závodní (zdroje).

Obrázek 16 - Externí náklady primárních znečišťujících látek dle kategorií energetických zařízení (v mil. Kč)





#### 5.2.4. Sekundární polutanty a těžké kovy

Pro výpočet fyzických dopadů v důsledku expozice ozónu, k jehož vzniku v atmosféře rozhodnou měrou přispěly emise prekurzorů ze spalování uhlí ve velkých stacionárních zdrojích, bylo použito modelu EcoSenseWeb popsaného v předchozí kapitole. Získané výsledky byly dále upraveny, tak aby odhadované počty fyzických dopadů odpovídaly aktualizovaným funkcím koncentrace-odezva převzatým z projektu HRAPIE<sup>17</sup> a peněžním hodnotám pro českou populaci (viz předchozí kapitola).

V následující tabulce jsou uvedeny odhadnuté počty fyzických dopadů pro expozici ozónu ve vybraných letech hodnoceného období (roky 2015, 2020, 2025, 2030, 2040 a 2050).

Tabulka 42 – Odhadnuté počty fyzických dopadů vyvolaných expozicí ozónu (počet let/ počet hospitalizací/ počet dní)

Fyzický dopad/rok	2015	2020	2025	2030	2040	2050
<b>Varianta 1</b>						
roky ztraceného života	1 137	728	459	217	0	0
hospitalizace s kardiovaskulárními onemocněními	74	52	35	18	0	0
hospitalizace s respiračními onemocněními	8	6	4	2	0	0
dny s mírně omezenou aktivitou	47 031	30 112	18 999	8 961	0	0
<b>Varianta 2</b>						
roky ztraceného života	1 137	862	649	475	328	134
hospitalizace s kardiovaskulárními onemocněními	74	61	50	40	31	15
hospitalizace s respiračními onemocněními	8	7	5	4	3	1
dny s mírně omezenou aktivitou	47 031	35 673	26 836	19 665	13 577	5 553
<b>Varianta 3</b>						
roky ztraceného života	1 137	862	878	906	328	134
hospitalizace s kardiovaskulárními onemocněními	74	61	68	76	31	15
hospitalizace s respiračními onemocněními	8	7	7	8	3	1
dny s mírně omezenou aktivitou	47 031	35 673	36 316	37 463	13 577	5 553
<b>Varianta 4</b>						
roky ztraceného života	1 137	862	674	906	755	545
hospitalizace s kardiovaskulárními onemocněními	74	61	52	76	72	59
hospitalizace s respiračními onemocněními	8	7	6	8	8	6
dny s mírně omezenou aktivitou	47 031	35 673	27 872	37 463	31 226	22 552

V souhrnu za celé hodnocené období let 2015-2050 jsou takto kvantifikovány významná snížení věku dožití (dle variant v rozmezí 11-29 tis. let ztraceného života) nebo stovky tisíc dní s mírně omezenou aktivitou, jak v detailu ukazuje následující tabulka.

<sup>17</sup> Aktuální verze modelu EcoSense zahrnuje funkce koncentrace-odezva aktualizované v roce 2008 v rámci projektu NEEDS.

Tabulka 43 - Fyzické dopady v důsledku expozice ozónu za jednotlivé varianty za celé období 2015-2050 (počet let/ počet hospitalizací/ počet dní)

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4
roky ztraceného života	5 639	9 189	10 751	14 521
hospitalizace s kardiovaskulárními onemocněními	415	737	864	1 238
hospitalizace s respiračními onemocněními	44	81	94	134
dny s mírně omezenou aktivitou	233 284	380 133	444 761	600 700

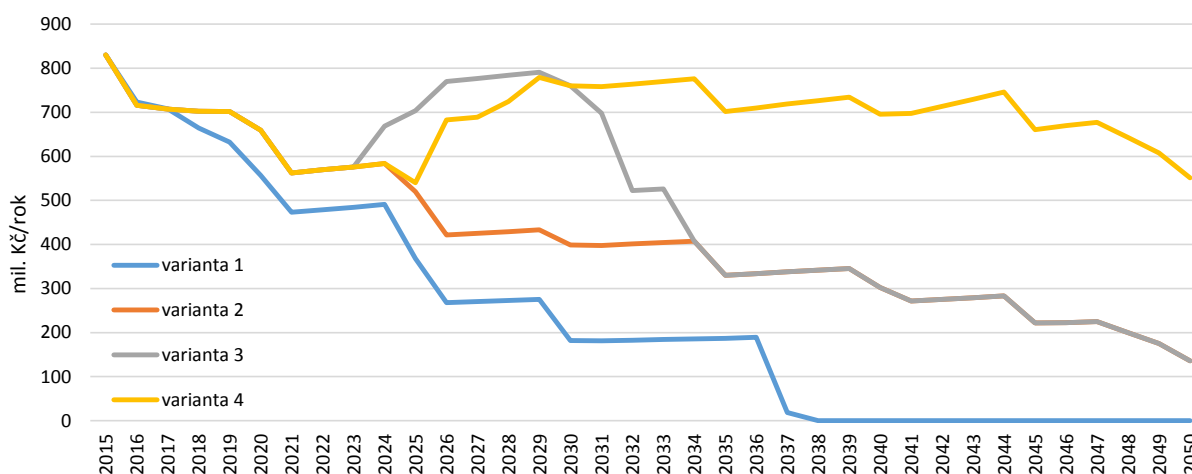
Takto odhadnuté fyzické dopady byly následně oceněny s využitím sady peněžního ocenění dopadů popsané v předchozí kapitole. Peněžní ocenění kvantifikovaných fyzických dopadů za celé hodnocené období uvádí následující tabulka. Dominantní kategorií v peněžním vyjádření jsou dopady na akutní úmrtnost, které se dle varianty za celé období pohybují v rozmezí 8,6 a 24,3 mld. Kč.

Tabulka 44 – Externí náklady expozice ozónu za jednotlivé varianty za celé období 2015-2050 (v mil. Kč)

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4
akutní úmrtnost	4 319	7 417	8 685	12 173
hospitalizace s kardiovaskulárními onemocněními	14	26	31	46
hospitalizace s respiračními onemocněními	0.8	1.4	1.7	2.5
dny s mírně omezenou aktivitou	69	119	139	195
<b>Celkem</b>	<b>4 403</b>	<b>7 564</b>	<b>8 857</b>	<b>12 416</b>

Rozložení odhadnutých externích nákladů expozice ozónu v průběhu hodnoceného období pak přibližuje následující graf.

Obrázek 17 - Externí náklady za ozón v průběhu hodnoceného období 2015-2050



Model EcoSense navíc kromě dopadů na zdraví umožňuje odhadnout i dopady znečišťujících látek na zemědělskou produkci, které však působí nejen negativně (oxidační poškození membrán rostlin, okyselování půdy a v důsledku toho snížení úrody), tak i – v případě depozice dusíku – v opačném

směru jako hnojivo. Odhadované vyvolané změny produkce a snížení potřeby hnojení uvádí následující tabulka.

Tabulka 45 – Odhadované dopady na zemědělskou produkci a potřebu hnojení za celé období 2015-2050 (v t)

	Variant 1	Variant 2	Variant 3	Variant 4
<b>ozón</b>				
pšenice	101 434	174 816	203 831	260 764
řepa	22 829	39 268	45 801	58 522
brambory	14 529	25 062	29 217	37 398
slunečnice	527	899	1 049	1 333
<b>dusík</b>				
dodatečné hnojivo	-220	-396	-458	-603

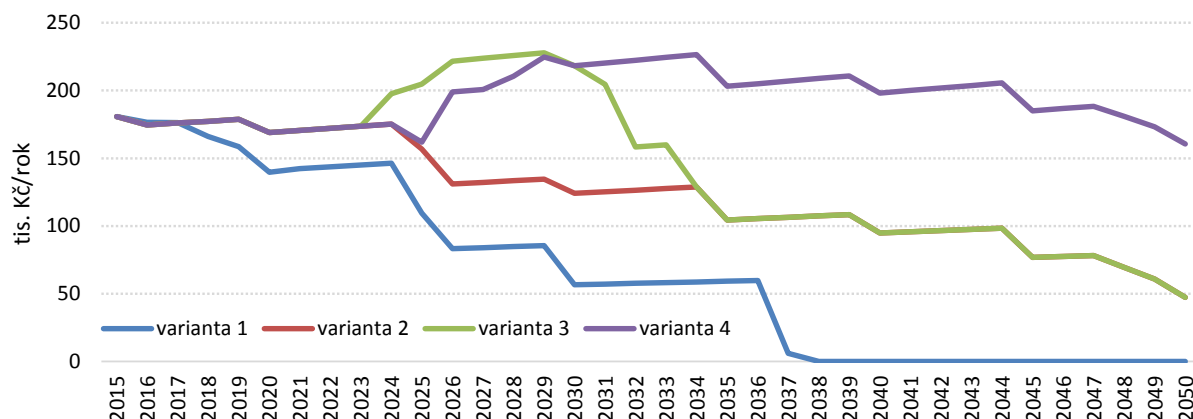
V peněžním vyjádření jsou tyto dopady na zemědělskou produkci uvedeny v následující tabulce, spolu s odhadnutými dopady na ztrátu biodiverzity (u ztráty biodiverzity absentuje srozumitelný ukazatel fyzického dopadu). Právě posledně zmíněná kategorie dopadů je v peněžním vyjádření dominantní, když se dle varianty pohybuje v rozmezí 186 až 555 mil. Kč a představuje takřka 85 % kvantifikovaných environmentálních dopadů.

Tabulka 46 – Externí náklady působení ozónu a dusíku na zemědělskou produkci a biodiverzitu za období 2015-2050 (v mil. Kč)

	Variant 1	Variant 2	Variant 3	Variant 4
<b>ozón</b>				
pšenice	31.5	57.7	67.2	88.5
řepa	3.4	6.2	7.2	9.5
brambory	3.9	7.1	8.3	10.9
slunečnice	0.3	0.6	0.7	1.0
<b>dusík</b>				
dodatečné hnojivo	-2.8	-5.4	-6.3	-8.5
<b>ztráta biodiverzity</b>	186	355	411	555
<b>Celkem</b>	<b>221.8</b>	<b>421.3</b>	<b>488.3</b>	<b>656.0</b>

Časové rozložení externích nákladů z emisí těžkých kovů (v podobě dopadů na zdraví) přepočítaných pro populaci ČR je pro hodnocené období let 2015-2050 ilustrováno v následujícím grafu. Za celé hodnocené období tyto externí náklady dosahují úrovně 2,4 mil. Kč ve variantě 1, takřka 4,5 mil. Kč ve variantě 2, téměř 5,2 mil. Kč ve variantě 3 a bezmála 7 mil. Kč ve variantě 4.

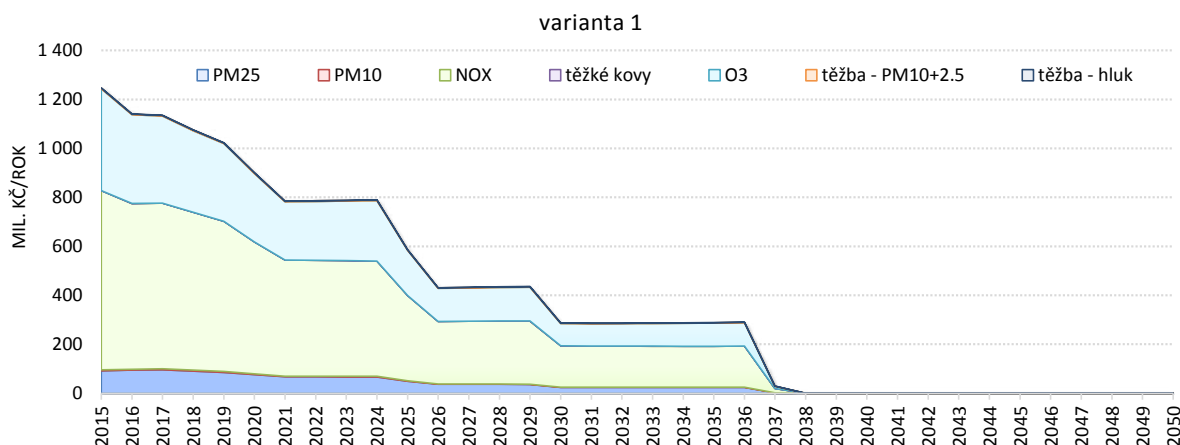
Obrázek 18 – Časové rozložení externích nákladů těžkých kovů podle variant za období 2015-2050



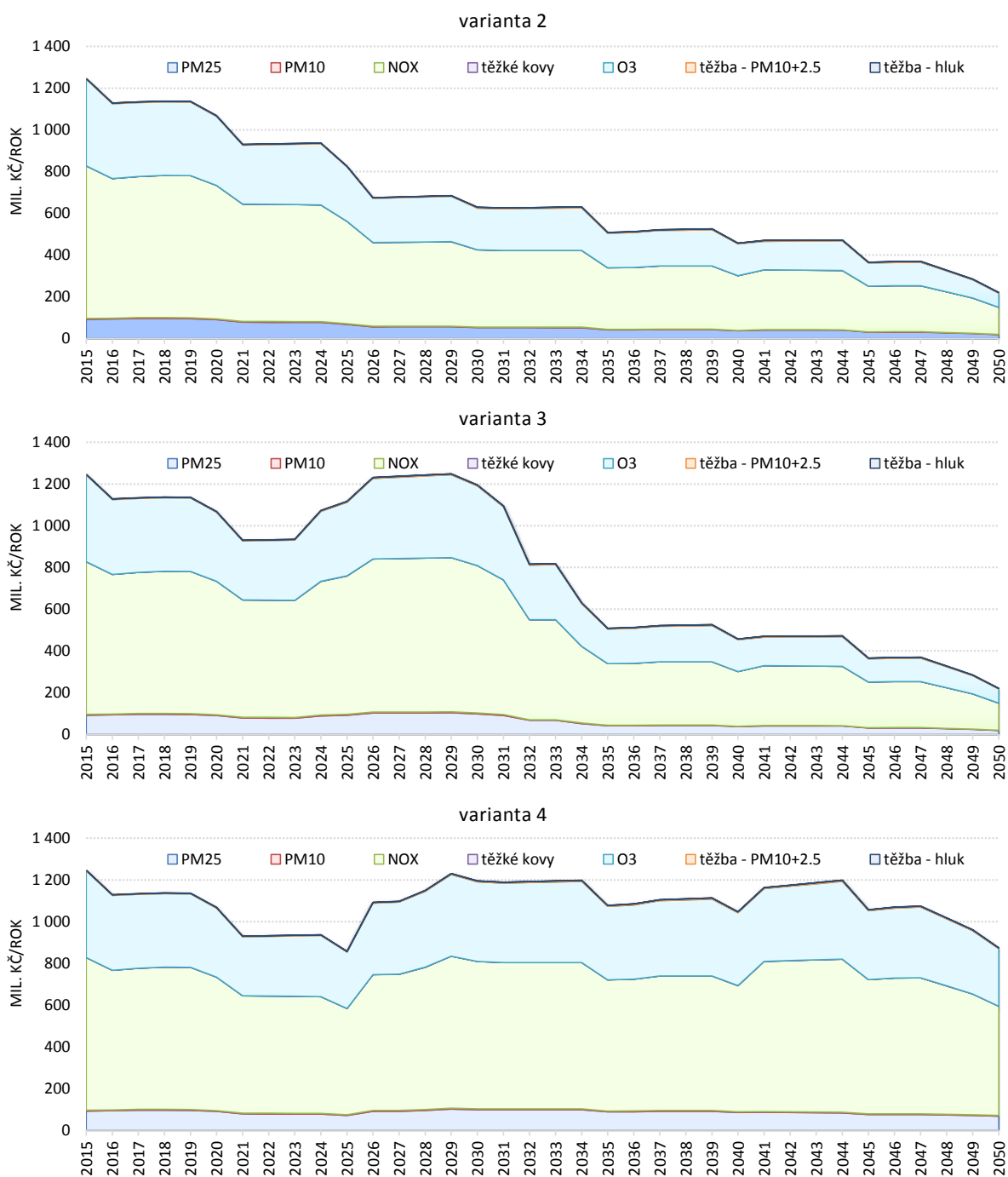
### 5.3. Celkové externí náklady

Vyčíslení celkových externích nákladů zahrnuje všechny výše kvantifikované části – externí náklady v důsledku emisí prашného aerosolu a hluku z těžby a externí náklady z emisí znečišťujících látek z užití vytěženého uhlí ve velkých stacionárních spalovacích zařízeních při výrobě tepla a elektřiny. Na následujících grafech jsou všechny tyto externí náklady vyneseny na časové ose pro jednotlivé varianty. Varianta 1 je charakteristická nejvýraznějším poklesem vyčíslených externích nákladů a to až do úplného ukončení těžby v roce 2037. Varianta 2 vykazuje rovněž převážně klesající trend, s výraznějším poklesem v období do roku 2025 (ukončení těžby na lomu ČSA). Ve variantě 3 dochází po počátečním poklesu vyčíslených externích nákladů k významnému nárůstu v důsledku zahájení těžby II. etapy na lomu ČSA, v důsledku pouze částečné korekce územních limitů, však po roce 2029 vyvolané externí náklady klesají. Ve variantě 4 po počátečním poklesu dochází k opětovnému nárůstu v souvislosti se zahájením těžby za původními územními limity těžby a k výraznějšímu snížení ročních hodnot externích nákladů dochází až v samotném závěru hodnoceného období.

Obrázek 19 – Celkové externí náklady podle typu emise a variant

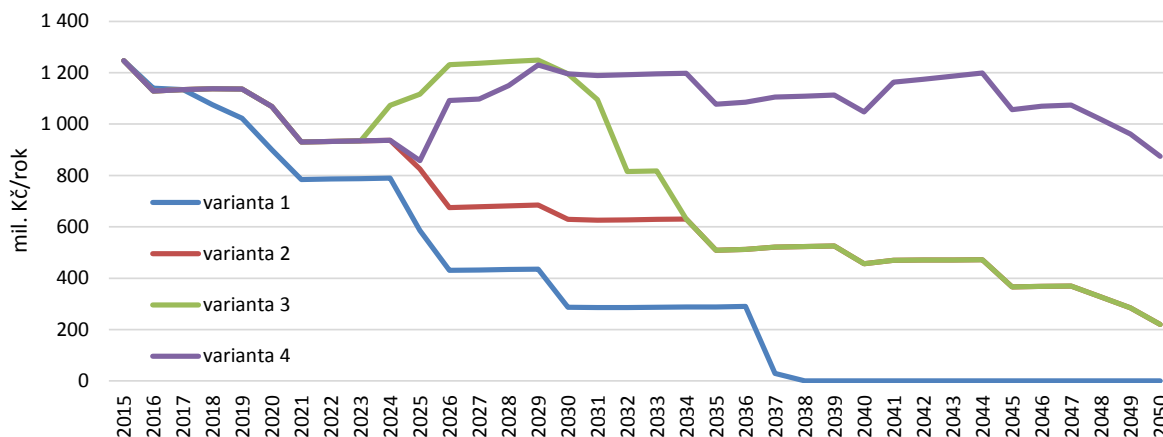


Kvantifikace environmentálních a zdravotních dopadů (externích nákladů) z povrchové těžby hnědého uhlí v Severočeské hnědouhelné pánvi v těžebních lokalitách velkolomů Bílina a ČSA a využití vydobytého hnědého uhlí ve spalovacích procesech pro výrobu elektřiny a tepla na území ČR



Na následujícím grafu jsou pak společně uvedeny celkové externí náklady podle hodnocených variant na časové ose hodnoceného období 2015-2050.

Obrázek 20 – Celkové externí náklady za jednotlivé varianty



V souhrnu se celkové externí náklady dle jednotlivých variant pohybují v rozmezí 14 až 39 mld. Kč. Ve variantě 1 jsou celkové externí náklady z těžby a užití uhlí ve velkých stacionárních zdrojích odhadovány ve výši 14 mld. Kč, ve variantě 2 ve výši 24 mld. Kč, ve variantě 3 přesahují 28 mld. Kč a ve variantě 4 převyšují 39 mld. Kč.

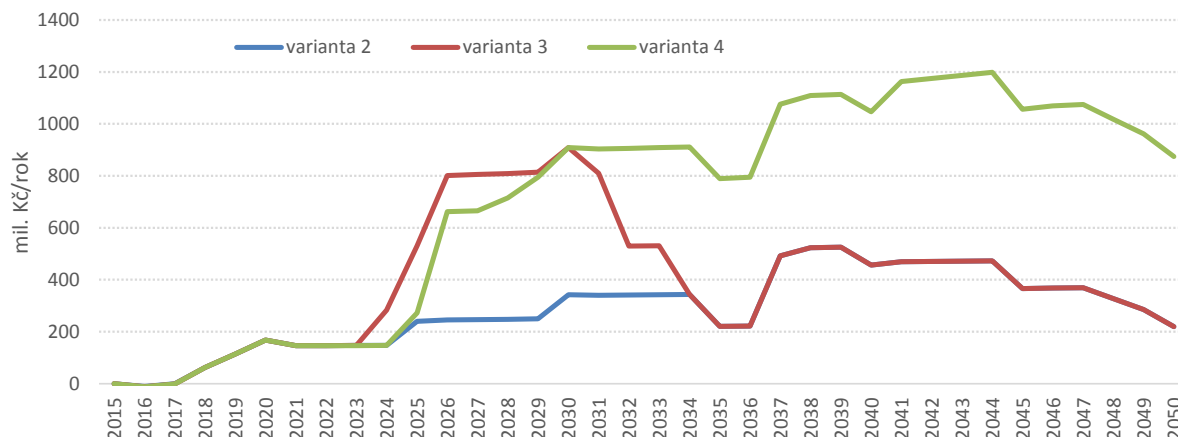
Tabulka 47 – Celkové externí náklady za celé období 2015-2050 (v mil. Kč)

		varianta 1	varianta 2	varianta 3	varianta 4
těžba	hluk	7	9	9	10
	prašný aerosol	48	118	125	139
užití uhlí	NO <sub>x</sub>	8 336	14 340	16 764	23 434
	O <sub>3</sub>	4 638	8 005	9 369	13 101
	PM <sub>10</sub>	51	87	102	136
	PM <sub>2,5</sub>	1 161	1 988	2 325	3 112
	těžké kovy	2	4	5	7
CELKEM		14 243	24 552	28 699	39 939

#### 5.4. Rozdílové hodnocení variant

Cílem této studie je nejen vyhodnocení jednotlivých variant, ale i jejich porovnání. V následujícím grafu jsou proto vypočteny (dodatečné) externí náklady variant 2, 3 a 4 oproti stavu ve variantě 1, tj. externí náklady jednotlivých variant prolomení stávajících územních limitů těžby.

Obrázek 21 - Dodatečné externí náklady variant 2-4 (oproti variantě 1)



Tyto dodatečné náklady jsou pak souhrnně za celé hodnocené období uvedeny v následující tabulce. Ve variantě 2 se jedná o dodatečné externí náklady na úrovni 10,1 mld. Kč, ve variantě 3 okolo 14,2 mld. Kč a ve variantě 4 takřka 25,3 mld. Kč.

Tabulka 48 - Dodatečné externí náklady oproti variantě 1 celkem za období 2015-2050 (v mil. Kč)

		Variant 2 vs. variant 1	Variant 3 vs. variant 1	Variant 4 vs. variant 1
těžba	hluk	2	2	3
	prašný aerosol	70	77	92
užití uhlí	NO <sub>x</sub>	6 004	8 427	15 097
	O <sub>3</sub>	3 367	4 731	8 463
	PM <sub>10</sub>	36	51	85
	PM <sub>2.5</sub>	827	1 164	1 951
	těžké kovy	2	3	5
<b>Celkem</b>		<b>10 309</b>	<b>14 456</b>	<b>25 696</b>

Obdobně lze i vyjádřit externí náklady prolomení limitů na jednotlivých lokalitách, resp. za varianty prolomení na velkolomu ČSA (varianty „malá Armáda“ a „velká Armáda“). V případě prolomení limitů na lomu Bílina se tyto externí náklady rovnají dodatečným externím nákladům varianty 2, tj. 10,1 mld. Kč, v případě „malé“ varianty prolomení limitů na lomu ČSA se externí náklady pohybují na úrovni 4,1 mld. Kč, v případě „velké“ varianty prolomení limitů na lomu ČSA se jedná v hodnoceném časovém horizontu o cca 15,2 mld. Kč.

Kvantifikace environmentálních a zdravotních dopadů (externích nákladů) z povrchové těžby hnědého uhlí v Severočeské hnědouhelné pánvi v těžebních lokalitách velkolomů Bílina a ČSA a využití vydobytého hnědého uhlí ve spalovacích procesech pro výrobu elektřiny a tepla na území ČR

Tabulka 49 - Porovnání variant korekcí limitů těžby na jednotlivých lomech za hodnocené období 2015-2050 (v mil. Kč)

		Korekce Bílina	Korekce „malá Armáda“	Korekce „velká Armáda“
těžba	hluk	2	-0.2	0.5
	prašný aerosol	70	7	21
užití uhlí	NO <sub>x</sub>	6 004	2 423	9 094
	O <sub>3</sub>	3 367	1 364	5 096
	PM <sub>10</sub>	36	15	49
	PM <sub>2.5</sub>	827	337	1 124
	těžké kovy	2	1	2
<b>Celkem</b>		<b>10 309</b>	<b>4 147</b>	<b>15 387</b>



## 6. Výsledky hodnocení pro doplňkové scénáře

### 6.1. Odhad externích nákladů z procesu užití HU v energetických provozech z hlediska regionální perspektivy

Rozptyl primárních znečišťujících látek PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>x</sub> a SO<sub>2</sub> a jejich účinek na zkoumané receptory nelze omezit pouze na lokální úroveň, tj. na bezprostřední vzdálenost od zdroje znečišťování. Přenos znečišťujících látek a tvorba sekundárních polutantů ozónu, sulfátů a nitrátů má meziregionální měřítko. V tomto ohledu lze předpokládat, že část dopadů bude mít regionální charakter. Účinky primárních a sekundárních látek nejsou tedy omezeny pouze na území České republiky, ale mohou být rozprostřeny celý evropský kontinent.

Z tohoto důvodu byly jednotlivé varianty úpravy ÚEL vyhodnoceny také z hlediska regionální perspektivy v rámci tohoto doplňkového scénáře. Pro modelování rozptylu primárních a tvorby sekundárních znečišťujících látek a jejich dopadů na region Evropy byl použit model EcoSenseWeb V1.3, který umožnil také modelovat a vyhodnotit mezikontinentální přenos primárních a sekundárních látek v oblasti severní hemisféry Země a odhadnuté výsledky byly dále upraveny tak, aby odhadované počty fyzických zdravotních dopadů v důsledku působení PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, ozónu, sulfátů a nitrátů odpovídaly aktualizovaným funkcím koncentrace-odezva převzatým z projektu HRAPIE.

Celková výše externích nákladů z užití hnědého uhlí ve velkých spalovacích zařízeních pro jednotlivé varianty úpravy ÚEL v regionální perspektivě je prezentována v následující tabulce. Odhad externích nákladů celkem se pohybuje pro jednotlivé varianty od 139 do 392 mld. Kč za posuzované období. Nejvyšší příspěvek kolem 60 % tvoří dopady působené sekundárními aerosoly sulfátů a nitrátů, příspěvek ozónu je 30 % na celkových externích nákladech. Působení primárních prachových částic frakce PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> tvoří podíl na celkových externích nákladech ve výši 3 %.

Tabulka 50 – Externí náklady z užití uhlí ve velkých spalovacích zdrojích z hlediska regionálních dopadů za jednotlivé varianty za celé období 2015-2050 (v mil. Kč)

	PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>10</sub>	aerosoly sulfátů, nitrátů	O <sub>3</sub>	kyselá depozice	příspěvek hemisféry	těžké kovy	CELKEM
var 1	4 414	82 657	40 244	9 289	1 899	636	139 137
var 2	7 459	142 923	69 107	16 426	3 358	1 173	240 445
var3	8 701	167 168	81 007	19 143	3 924	1 349	281 291
var 4	11 984	232 154	114 570	26 211	5 372	1 821	392 112

Vypočtené externí náklady působené na evropský kontinent a severní hemisféru Země lze prezentovat jako dodatečné externí náklady variant 2, 3 a 4 oproti stavu ve variantě 1, tj. externí náklady jednotlivých variant úpravy ÚEL. Tyto dodatečné náklady jsou souhrnně za celé hodnocené období uvedeny v následující tabulce. Ve variantě 2 se jedná o dodatečné externí náklady na úrovni 101,3 mld. Kč, ve variantě 3 okolo 142,2 mld. Kč a ve variantě 4 téměř 253 mld. Kč.

Tabulka 51 – Porovnání variant externích nákladů z hlediska regionálních dopadů (v mil. Kč)

	PM <sub>2,5</sub> ,PM <sub>10</sub>	aerosoly sulfátů, nitrátů	O <sub>3</sub>	kyselá depozice	příspěvek hemisféry	těžké kovy	CELKEM
<b>var 2 – var 1</b>	3 046	60 266	28 863	7 137	1 459	537	101 308
<b>var 3 - var 1</b>	4 287	84 511	40 763	9 854	2 025	713	142 154
<b>var 4 – var 1</b>	7 570	149 498	74 326	16 923	3 474	1 185	252 975

Z následující tabulky vyplývá, jak velká část externích nákladů dopadá na území České republiky, a jaká výše dopadů je rozprostřena na evropský kontinent a severní hemisféru Země. Mezi jednotlivými varianty úpravy ÚEL jsou proporce geografického působení dopadů rovnoměrné, na území ČR dopadá 7 % z celkových externích nákladů z užití hnědého uhlí v energetických provozech.

Tabulka 52 – Porovnání variant externích nákladů z hlediska jejich teritoriálního působení (v mil. Kč)

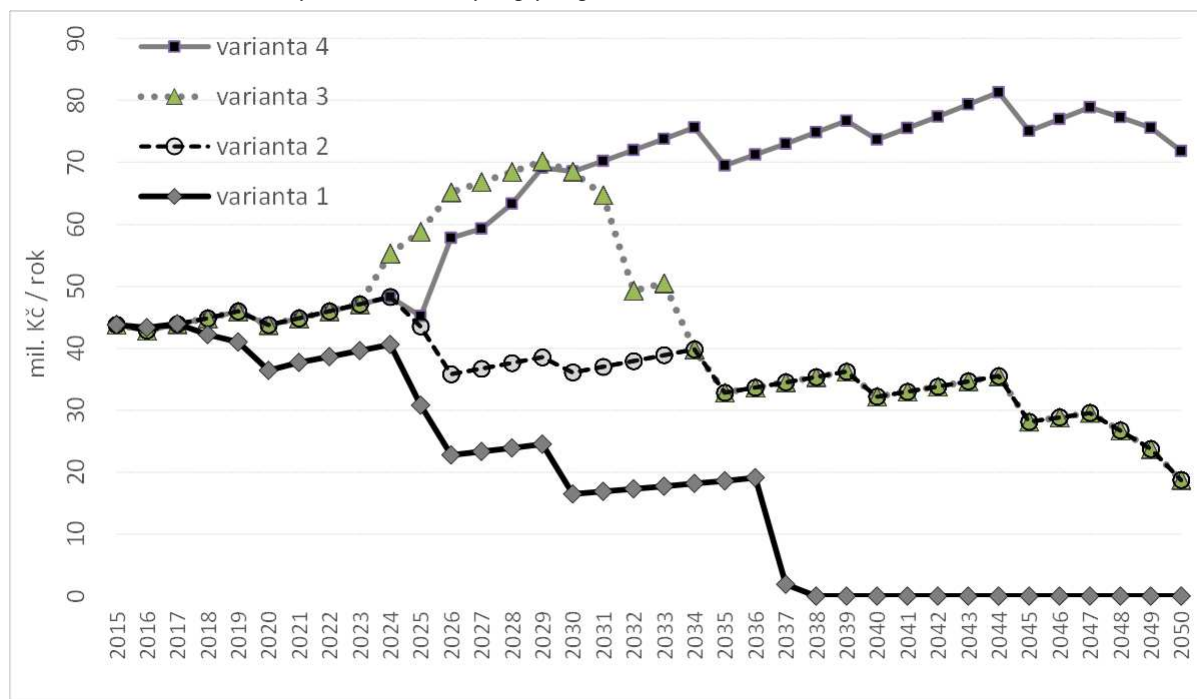
oblast dopad	varianta 1	varianta 2	varianta 3	varianta 4
<b>území ČR</b>	9 548	16 415	19 191	26 682
<b>evropský kontinent / hemisféra</b>	139 137	240 445	281 291	392 112

## 6.2. Odhad externích nákladů spojených se změnou klimatu

Hodnota dopadů spojených se změny klimatu vychází z hodnot společenských nákladů uhlíku na tunu CO<sub>2</sub> a je přímo úměrná spotřebě hnědého uhlí. Technologii zachytávání a ukládání uhlíku („*carbon capture and storage*“, CCS) v kvantifikaci nepředpokládáme. Prezentované dopady se vztahují pouze k dopadům způsobeným spálením hnědého uhlí vytěženého z lomů Bílina a ČSA.

Obrázek 22 znázorňuje externí náklady pro skleníkové plyny vypouštěné pro čtyři hodnocené varianty pro střední scénář hodnoty SCC, který předpokládá – dle zadání – pouze dopady na obyvatele ČR (SCC-1% „domácí“). Podíl dopadů na ČR tvoří přibližně 0,38 % celkových (globálních) společenských nákladů uhlíku.

Obrázek 22 - Externí náklady emisí skleníkových plynů pro SCC-1% „domácí“, v mil. Kč



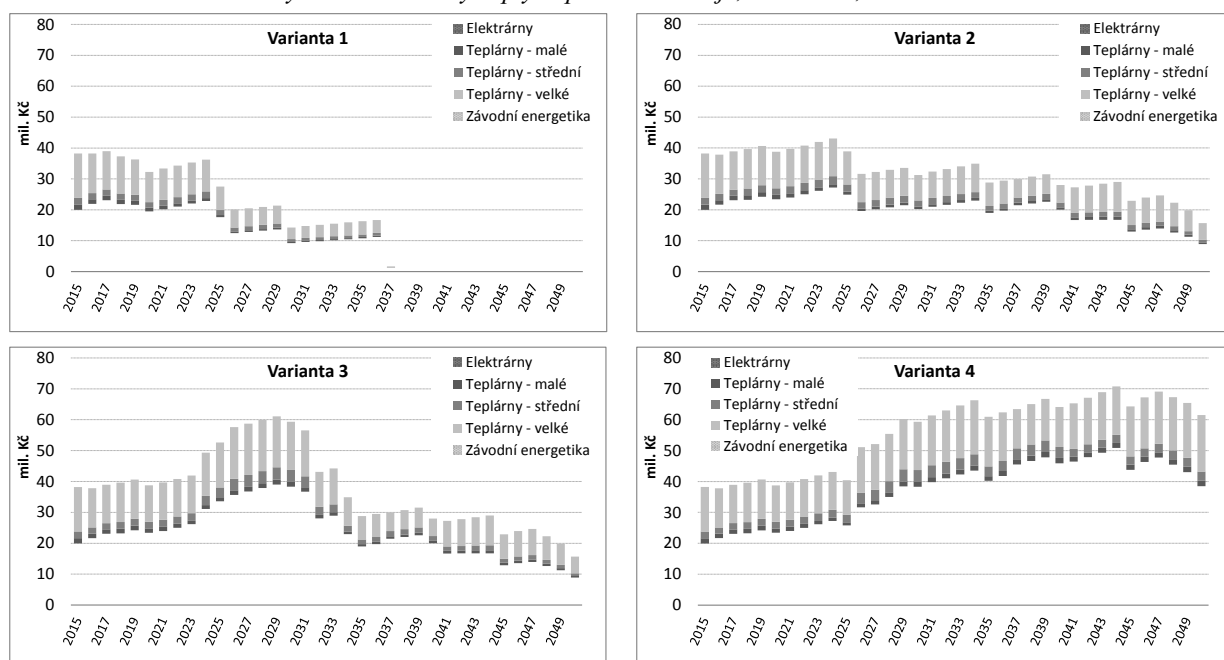
Tyto dopady se pohybují kolem 40 mil. Kč ročně do roku 2023. Ve variantě 1 v důsledku poklesu spotřeby hnědého uhlí vytěženého z těchto lokalit, klesají i škody ze změny klimatu na úroveň kolem 20 mil. Kč ročně, od roku 2038 jsou nulové, což reflektuje nulovou spotřebu HU.

Škody ze změny klimatu ve variantě 2 se pohybují od roku 2025 na úrovni kolem 36 mil. Kč/rok, poté mírně klesají v průměru na úroveň kolem 26 mil. Kč. Varianta 3 vede ke zvýšení externalit ze změny klimatu v letech 2024-2033 na průměrnou roční úroveň kolem 60 až 70 mil. Kč. Ve variantě 4 tyto dopady stoupají v celém období a pohybují se mezi 70 až 80 mil. Kč v celém období 2030-2050.

Distribuci příspěvků na dopadech z emisí skleníkových plynů pro různé zdroje uvádí Obrázek 23. Podíly jednotlivých spalovacích zdrojů jsou ve všech čtyřech variantách velice podobné. Jediným rozdílem mezi variantami je jen celková výše externalit, která také determinuje absolutní příspěvek daného zdroje. Podíl elektráren se zvyšuje z úrovně 46 % na 60 % v 2040 a poté opětovně klesá na 48 % v roce 2050m samozřejmě kromě varianty 1, ve které se žádné HU od roku 2038 nespaluje. Podíl malých a středních tepláren na externalitách je malý, kolem 3 % a 5 % během celého období. Velké teplárny se podílí na externalitách třetinou, poté jejich podíl klesá na pětinu a končí na 30 % na konci období. Podíl závodní energetiky je stálý, kolem 13 %.

Kvantifikace environmentálních a zdravotních dopadů (externích nákladů) z povrchové těžby hnědého uhlí v Severočeské hnědouhelné pánvi v těžebních lokalitách velkolomů Bílina a ČSA a využití vydobytého hnědého uhlí ve spalovacích procesech pro výrobu elektřiny a tepla na území ČR

Obrázek 23 Externí náklady emisí skleníkových plynů pro různé zdroje, varianta 1, v mil. Kč



Kumulativně, dopady z emisí skleníkových plynů činí 0,7 mld. Kč ve variantě 1, škody ve variantě 2 a 3 jsou přibližně dvounásobně vyšší (1,33 a 1,56 mld. Kč) a ve variantě 4 jsou přibližně třikrát větší než ve variantě 1 (2,3 mld. Kč); Tabulka 53.

Tabulka 53 Externí náklady emisí skleníkových plynů, varianty hodnot společenských nákladů uhlíku (v mil. Kč / rok)

	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	CELKEM 2015-2050
<b>SCC-1% "domáci"</b>									
varianta 1	44	36	31	16	19	0	0	0	659
varianta 2	44	44	44	36	33	32	28	19	1 331
varianta 3	44	44	59	69	33	32	28	19	1 558
varianta 4	44	44	45	69	70	74	75	72	2 314
<b>SCC-1% "EU"</b>									
varianta 1	2 653	2 035	1 612	814	871	0	0	0	35 487
varianta 2	2 653	2 444	2 278	1 786	1 536	1 428	1 193	766	66 229
varianta 3	2 653	2 444	3 078	3 390	1 536	1 428	1 193	766	77 665
varianta 4	2 653	2 444	2 366	3 390	3 253	3 269	3 186	2 940	110 489
<b>SCC-1% "Global"</b>									
varianta 1	11 433	9 508	8 038	4 293	4 857	0	0	0	171 894
varianta 2	11 433	11 419	11 360	9 421	8 568	8 396	7 341	4 885	347 275
varianta 3	11 433	11 419	15 349	17 882	8 568	8 396	7 341	4 885	406 593
varianta 4	11 433	11 419	11 796	17 882	18 141	19 227	19 595	18 750	604 027

Pozn.: Hodnota pro období 2015-2050 představuje kumulativní dopad během celého období.

Perspektiva domácích přínosů v hodnocení dopadů představuje velice konzervativní přístup, jak diskutuje kapitola 8. Na základě reciprocity, je možné doporučit použití hodnoty dopadů, která zahrnuje dopady na celé území EU (SCC-1% „EU“), v případě altruistických motivů může být tato hodnota vyšší než SCC-1% „EU“ a krajně se blížit SCC-1% „global“, která představuje nejvyšší možnou hodnotu. Pro srovnání uvádí Tabulka 53 hodnoty dopadů ze změny klimatu pro všechny tři varianty hodnot SCC.

Perspektiva EU vede ke kumulativní hodnotě dopadů ze změny klimatu, která je přibližně 50krát vyšší než hodnota která bere v úvahu pouze domácí dopady a absolutně činí 35 mld. Kč ve variantě 1 nebo 110 mld. Kč ve variantě 4. Násobek se mírně liší mezi variantami z důvodu klesajícího podílu HDP EU na světovém HDP (z 23,7 % na 16 %) a různých trajektorií spotřeby HU a tím i emisí CO<sub>2</sub> v jednotlivých variantách.

Při globální perspektivě v kvantifikaci dopadů je hodnota dopadů ze změny klimatu 261krát vyšší než hodnota dopadů při zahrnutí efektů pouze na domácí ekonomiku. Dopady ze změny klimatu se pohybují kolem 10 mld. Kč ročně ve všech variantách, ty postupně klesají na nulu (varianta 1) nebo na úroveň 5 mld. Kč (varianta 2 a 3) nebo stoupají k 20 mld. Kč ve variantě 4. Kumulativně za celé období globální dopady ze změny klimatu představují ekonomickou hodnotu ve výši 172 mld. Kč ve variantě 2, 347 mld. Kč ve variantě 3 nebo dokonce 604 mld. Kč ve variantě 4.

Při započtení dopadů emisí skleníkových plynů se zvyšuje celková hodnota externích nákladů pouze o 5 % ve variantě 1 a o 6 % ve variantách s prolomením limitů těžby. Za celé období jsou celkové externí náklady kvantifikované v této studii kolem 15 mld. Kč ve variantě 1, 25 a 30 mld. Kč ve variantách 2 a 3 a téměř 42 mld. Kč ve variantě 4. Tyto externí náklady se týkají pouze dopadů na obyvatele ČR.

*Tabulka 54 - Celkové externí náklady spojené s těžbou, užitím uhlí včetně dopadů změny klimatu, domácí pohled, v mil. Kč*

	varianta 1	varianta 2	varianta 3	varianta 4
<b>těžba</b>				
prašný aerosol (střední odhad)	48	116	125	139
obtěžování hlukem (střední odhad)	7	8	9	10
<b>užití uhlí</b>				
primární emise	9 548	16 415	19 191	26 682
sekundární polutanty	4 416	7 584	8 881	12 445
těžké kovy	2	4	5	7
klimatická změna (SCC-1% "domácí")	659	1 331	1 558	2 314
<b>CELKEM</b>	<b>14 680</b>	<b>25 459</b>	<b>29 769</b>	<b>41 598</b>

Podíl externích nákladů z emisí skleníkových plynů výrazně roste při perspektivě EU nebo globálním pohledu – jestliže započteme v ekonomických přínosech dopady na obyvatele EU, nebo na celý svět. Dopady z těžby zůstávají u obou rozšířených perspektiv kvantifikace dopadů stejné, poněvadž těžba působí efekty pouze na obyvatele ČR. Tyto výsledky popisují Tabulka 55 a Tabulka 56.

Při zahrnutí dopadů na celou EU se hodnota dopadů působených znečištěním ovzduší zvyšuje přibližně 10krát, dopady ze změny klimatu se zvyšují 54krát ve variantě 1 a přibližně 50krát ve variantách s prolomením limitů. Celkem jsou externí náklady 12krát vyšší než při domácí perspektivě. Za celé

analyzované období činí celkové externality při perspektivě EU 179 mld. Kč ve variantě 1, přes 300 mld. Kč ve variantách 2 a 3 a přes 500 mld. Kč ve variantě 4 (Tabulka 55).

Při zahrnutí dopadů na celý svět se hodnota dopadů působených znečištěním ovzduší zvyšuje jen mírně ve srovnání s perspektivou EU, protože většina těchto dopadů dopadá na území EU. Dopady ze změny klimatu na celý svět jsou ale 261krát vyšší než dopadů na ČR. Celkem jsou externí náklady u globální perspektivy kvantifikace 22krát vyšší než při domácím hledisku u varianty 1 a 24krát vyšší u variantách s prolomením. Za celé analyzované období činí celkové externality při globální perspektivě 318 mld. Kč ve variantě 1, 600 a 700 mld. Kč ve variantách 2 a 3, a přes 1 bilión Kč ve variantě 4 (Tabulka 56).

*Tabulka 55 Celkové externí náklady spojené s těžbou a užitím uhlí, včetně dopadů změny klimatu, EU perspektiva dopadů, v mil. Kč*

	varianta 1	varianta 2	varianta 3	varianta 4
<b>těžba</b>				
prašný aerosol (střední odhad)	48	116	125	139
obtěžování hlukem (střední odhad)	7	8	9	10
<b>užití uhlí</b>				
primární emise	5 064	8 479	9 897	13 727
sekundární polutanty	138 164	238 649	279 242	389 523
těžké kovy	95	175	202	272
klimatická změna (SCC-1% "EU")	35 487	66 229	77 665	110 489
<b>CELKEM</b>	<b>178 865</b>	<b>313 657</b>	<b>367 140</b>	<b>514 161</b>

*Tabulka 56 Celkové externí náklady spojené s těžbou a užitím uhlí, včetně dopadů změny klimatu, globální perspektiva dopadů, v mil. Kč*

	varianta 1	varianta 2	varianta 3	varianta 4
<b>těžba</b>				
prašný aerosol (střední odhad)	48	116	125	139
obtěžování hlukem (střední odhad)	7	8	9	10
<b>užití uhlí</b>				
primární emise	5 064	8 479	9 897	13 727
sekundární polutanty	140 063	242 007	283 166	394 896
těžké kovy	636	1 173	1 349	1 821
klimatická změna (SCC-1% "Global")	171 894	347 275	406 593	604 027
<b>CELKEM</b>	<b>317 711</b>	<b>599 057</b>	<b>701 138</b>	<b>1 014 620</b>

## 6.3. Optimalizace užití uhlí dle variant úpravy ÚEL modelem TIMES

### 6.3.1. Data a předpoklady modelu analyzovaných Variant ÚEL

Model TIMES zahrnuje celou energetickou bilanci ČR od primárních zdrojů až po konečnou spotřebu energie.

Základním datovým vstupem modelu je energetická bilance Eurostatu. Vstupní data z bilance Eurostatu jsou revidována a zpřesněna využitím údajů z databázi ČR, konkrétně REZZO (Registr emisí a zdrojů znečištění ovzduší), Emisních hlášení systému EU ETS a údajů Energetického regulačního úřadu. Konkrétně, vstupní údaje pro zdroje zahrnuté do systému EU ETS (sektor energetiky, průmyslové zdroje) jsou revidovány údaji z ETS databáze a zbývající zdroje sektoru energetiky jsou zpřesněny údaji z REZZO. Životnost a maximální roční výroba jednotlivých stávajících hnědouhelných zdrojů jsou odvozeny na základě plných nároků na spotřebu HU (zdroj MPO).

Model TIMES-CZ v.02 je kalibrován na datech roku 2012. Předpokládaný vývoj cen ropy, zemního plynu a černého uhlí vychází z „*Current Policies Scenario*“ popsaného ve Word Energy Outlook (IEA, 2014). Ceny hnědého uhlí jsou v rámci zjednodušení předpokládány v souladu s Odborem koordinace hospodářských politik EU Úřadu vlády dle studie INERIN (2013) na úrovni 40 Kč/GJ. Náklady nových technologií, včetně obnovitelných zdrojů, jsou převzaty ze studie EPRI (2013). Další detaily modelu v.01 popisují Rečka a Ščasný (2015).

Výchozími předpoklady pro model jsou aktualizovaná Statní energetické koncepce (MPO, 2015) a Analýza potřeby dodávek hnědého uhlí pro teplárství s ohledem na navržené varianty úpravy územně-ekologických limitů těžby (MPO, 2015a), odkud jsou převzaty poptávky po elektřině a teple ze soustav zásobování teplem, celková hrubá výroba elektřiny, výroba elektřiny z jednotlivých druhů OZE, celkové zásoby hnědého uhlí a plány těžby v jednotlivých variantách ÚEL ve všech hnědouhelných lomech a dále také spotřeba HU domácností, jež tvoří exogenní parametry modelu. Dalším klíčovým předpokladem pro modelování energetického systému je cena emisní povolenky EUA, která vychází z SEK (MPO 2015). Cena EUA začíná na úrovni 7.5€ v roce 2015 a postupně stoupá na úroveň 40€ v roce 2045-50; viz Tabulka 14 včetně srovnání s hodnotami společenských nákladů uhlíku. Posledním významným předpokladem je potenciál pro dovoz HU. Na základě studie MPO (2015a) byl zvolen maximální potenciál dovozu HU na úrovni 3 mil. tun s průměrnou výhřevností 10 MJ/kg.

Rozdíl předpokladů mezi jednotlivými modelovanými variantami ÚEL je pouze v dostupných zásobách HU, přičemž při případném přebytku HU se vzhledem k situaci v sousedních zemích neuvažuje s jeho vývozem.

Výsledky modelování uvádíme pro pětiletá období a jako průměrnou roční hodnotu pro dané období. Ve výstupech je vždy uveden střední rok daného pětiletého období.

### **6.3.2. Energetický mix výroby elektřiny**

Dle zadání studie vychází vyrobená elektřina z jádra a OZE z optimalizovaného scénáře SEK. Celkový objem vyrobené elektřiny vychází také z SEK, čímž je dán podíl jádra a OZE na hrubé výrobě elektřiny, který je stejný pro daný rok ve všech 4 variantách. Jádro přispívá na začátku období 34 % až 37 % na hrubou výrobu elektřiny (31,5 TWh), jeho podíl se zvyšuje kolem roku 2035 na 41,2 TWh (45,7 %) a od roku 2040 přispívá výrobě 49 % (43,2 TWh). Podíl OZE na vyrobené elektřině se zvyšuje z 11 % (10,2 TWh) na 18 % (15,3 TWh) v roce 2030 a dosahuje 29 % (25,4 TWh) v roce 2050.

Předmětem optimalizace je zbývající část výroby elektrické energie z ostatních zdrojů.

Závěry modelování můžeme shrnout následovně

- i. struktura hrubé výroby elektřiny se mezi čtyřmi variantami výrazně neliší,
- ii. spotřeba hnědého uhlí výrazně klesá ve všech čtyřech variantách,
- iii. Varianta 2 vede k mírnému navýšení podílu HU na výrobě elektřiny a to od roku 2030, v průměru o 2,2 TWh více vyrobené elektřiny z HU oproti Variantě 1,

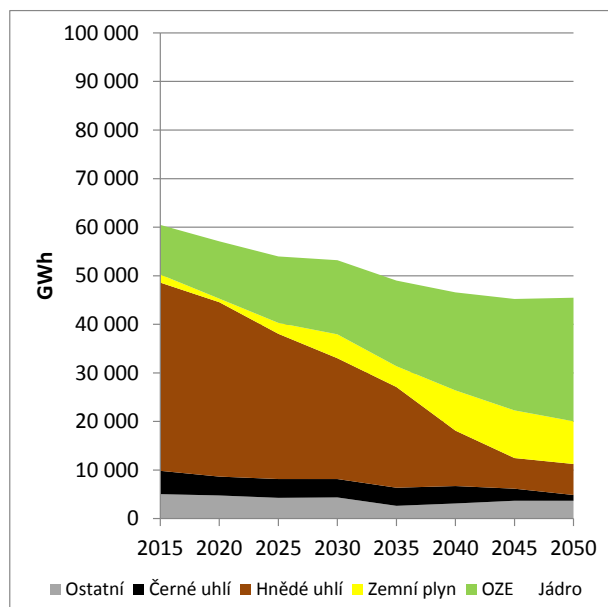
- iv. Varianta 3 vede k stejnému navýšení podílu HU jako Varianta 2 ale o 5 let dříve. Varianta 4 nevede k žádné změně v energetickém mixu výroby elektřiny ve srovnání s Variantou 3.

V období 2013-17 je z hnědého uhlí vyrobeno celkem 38,75 TWh (hrubé) elektřiny ročně, což představuje 42,1 %. Ve Variantě 1 podíl hnědého uhlí postupně klesá na 35,9 TWh (40,5 %) v roce 2020, na 24,88 TWh (29,4 %) v roce 2030, na 11,4 TWh (12,7 %) v roce 2040 a dosahuje 6,38 TWh (7,2 %) na konci období. Podíl černého uhlí také klesá, a to z úrovně 5 % (4,8 TWh) na úroveň kolem 4,5 % (3,8 TWh) v období 2018-2032. K výraznějšímu propadu spotřeby černého uhlí pro výrobu elektřiny dochází po roce 2040, kdy se jeho podíl dostává na 2,8 % (2,5 TWh) v roce 2045 a 1,3 % (1,2 TWh) v roce 2050. Podíl zemního plynu na hrubé výrobě elektřiny naopak roste z 1,8 % na 5,8 % kolem roku 2030 a dosahuje 10% podíl v roce 2050. Podíl ostatních zdrojů se pohybuje stabilně mezi 4 % až 5 %. Výsledky predikce pro Variantu 1 uvádí Obrázek 24.

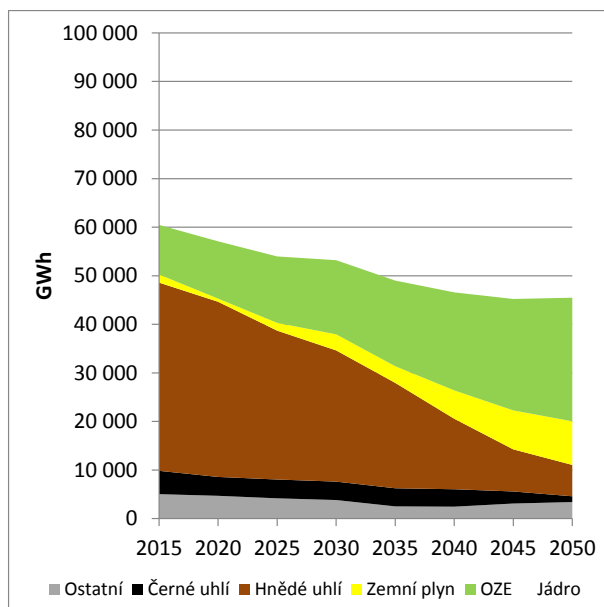
Ve Variantě 2 dochází jen k mírnému navýšení podílu HU na výrobě elektřiny, a to na úkor ZP (viz f Obrázek 25). V období kolem roku 2025 je rozdíl mezi Variantou 1 a Variantou 2 však pouhých 0,75 TWh elektřiny vyrobené z HU (o 2,5 % více než ve variantě 1) a představuje zanedbatelný podíl na celkovém objemu vyrobené elektřiny (84,4 TWh). Rozdíl vyrobené elektřiny z HU ve Variantě 2 a 1 se zvyšuje na 1,5 TWh v 2030-39 a na kolem 2,7 TWh v 2040-49. Tento rozdíl je však velice malý vzhledem k celkovému objemu vyrobené elektřiny a činí kolem 2,5-3,5 %.

Jediným efektem Varianty 3 je zvýšení podílu vyrobené elektřiny z HU mezi lety 2023-2032, kdy se zvyšuje podíl HU o 0,9 TWh oproti Variantě 2. To představuje přibližně 3% navýšení výroby z HU oproti Variantě 2, avšak na celkovém objemu toto zvýšení oproti variantě 2 představuje pouze 1 %. Ve zbývajícím období je podíl HU na vyrobené elektřině stejný s Variantou 2. Energetický mix ve Variantě 4 je identický s mixem Varianty 3 (viz Obrázek 26).

Obrázek 24 Vývoj a struktura hrubé výroby elektřiny ve Variantě 1

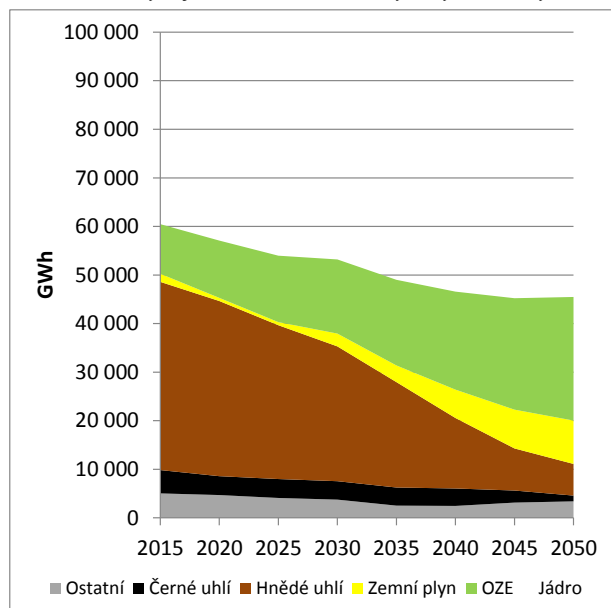


Obrázek 25 Vývoj a struktura hrubé výroby elektřiny ve Variantě 2





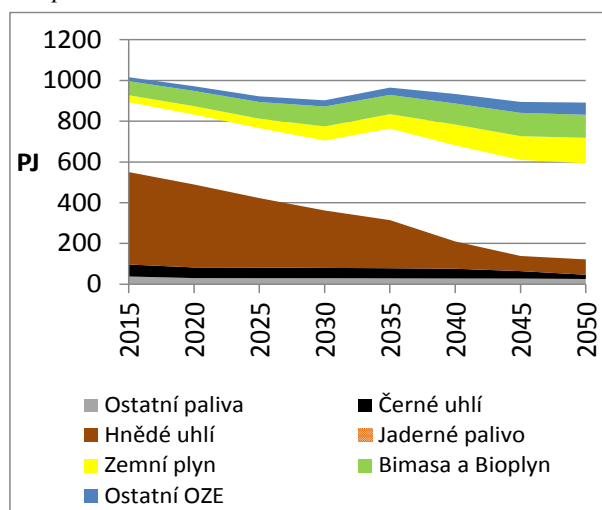
Obrázek 26 Vývoj a struktura hrubé výroby elektřiny ve Variantách 3 a 4



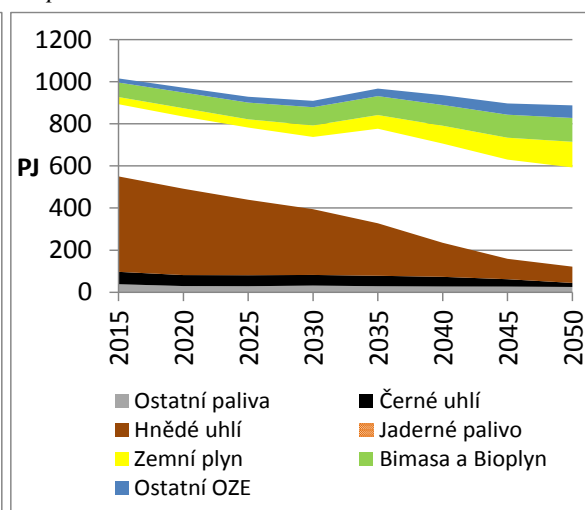
### 6.3.3. Mix paliv pro výrobu elektřiny a tepla do soustav zásobování teplem

Energetický mix pro výrobu elektřiny a tepla ilustrují pro variantu 1 Obrázek 27 a pro variantu 3 a 4, které mají shodný mix Obrázek 28. Prolomení ÚEL těžby má jen velice malý dopad na celkový energetický mix. Jak ukazuje Obrázek 29, vedou všechny tři varianty shodně pouze k 3% zvýšení podílu užití HU (z 14 % a z 31 % ve Variantě 1 na 17 % a 34 % v letech 2030 a 2040).

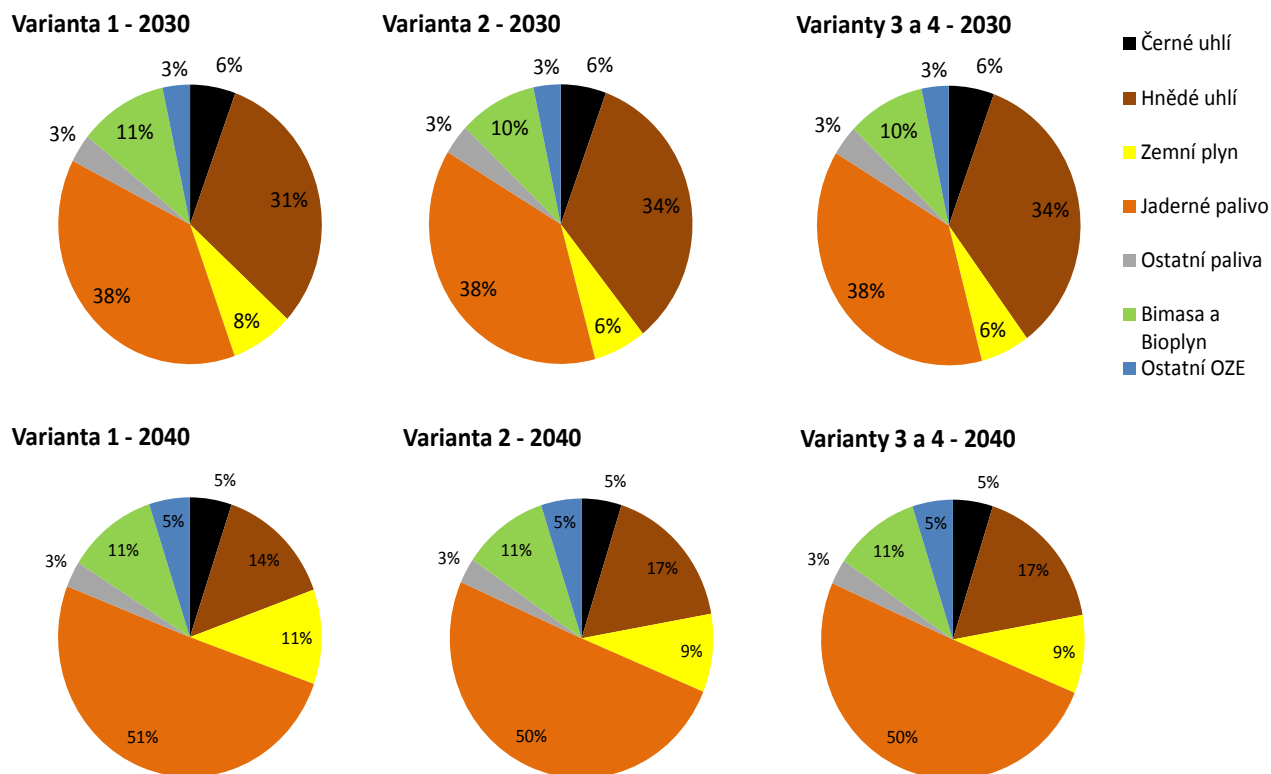
Obrázek 27 Vývoj a struktura paliv pro výrobu elektřiny a tepla do SZT ve Variantě 1



Obrázek 28 Vývoj a struktura paliv pro výrobu elektřiny a tepla do SZT ve Variantách 3 a 4



Obrázek 29 Srovnání struktury spotřeby paliv pro výrobu elektřiny a tepla do SZT mezi variantami v letech 2030 a 2040.



#### 6.3.4. Spotřeba hnědého uhlí

Výsledky modelování reflektující nákladovou efektivnost shrnujeme takto:

- dochází k výraznému poklesu spotřeby HU – o 40% do roku 2030 a o 80% od roku 2045, a to ve všech variantách,
- podíl spáleného HU v teplárnách se pohybuje kolem 30 % během celého období. Absolutně dochází k výraznému snížení spotřeby HU v teplárnách, a to mírou srovnatelnou jako u poklesu celkové spotřeby HU,
- celkový objem spáleného hnědého uhlí se mezi čtyřmi variantami neliší.

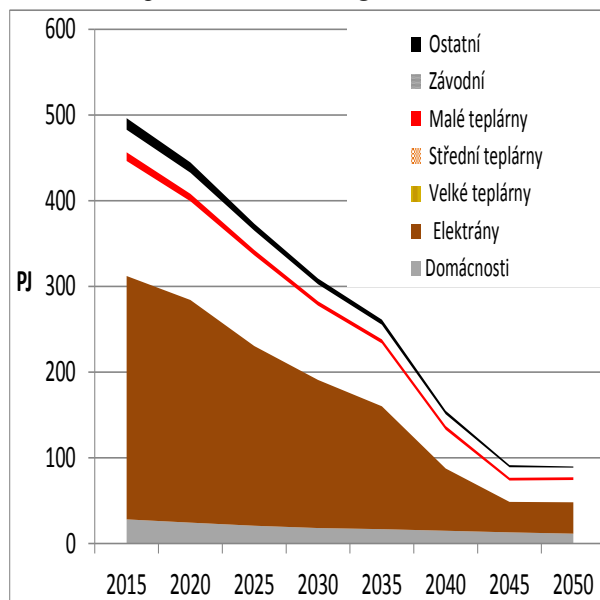
Spotřebu hnědého uhlí pro výrobu elektřiny, tepla a HU spáleného v domácnostech ilustrují Obrázek 30, Obrázek 31 a Obrázek 32. Tato predikce je výsledkem nákladové optimalizace modelem TIMES. Ve všech variantách se v souladu se zadáním (a dle MPO 2015a) předpokládá stejný objem HU spotřebovaného domácnostmi, který klesá z 28 PJ na začátku období na 18 PJ kolem roku 2030 a na 11,5 PJ v roce 2050.

Objem spáleného HU je na začátku období kolem 496 PJ ročně. Tento objem postupně klesá na 445 PJ v roce 2020, 309 PJ v roce 2030, 155 PJ v roce 2040 a 90 PJ v 2050. Ve Variantě 2 celkový objem spáleného HU je o něco vyšší ale jen v období 2030-2045. Relativně se rozdíl mezi Variantou 2 a Variantou 1 pohybuje mezi 5 % až 25 % objemu spáleného uhlí ve Variantě 1, avšak absolutně je tento objem malý a činí kolem 14 až 29 PJ spotřebovaného HU za rok. Ve Variantě 3 se objem spáleného HU v podstatě rovná objemu spáleného HU ve Variantě 2. K malému rozdílu dochází pouze v období 2023-

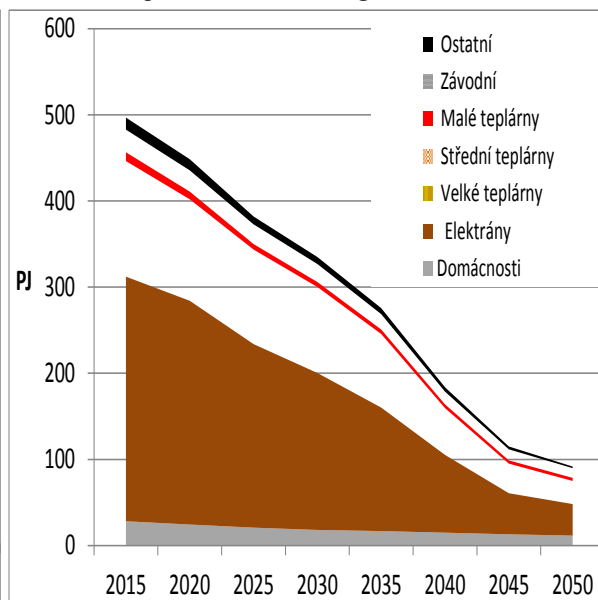
2032. Tento rozdíl však činí v průměru zanedbatelných 8 PJ za rok. Objem spáleného HU ve Variantě 4 je identický s objemem ve Variantě 3.

Podíl spáleného uhlí v teplárnách se pohybuje v celém období a u všech variantách kolem 30 %. Ve Variantě 1 objem absolutně klesá z úrovně 144 PJ za rok (2015-17) na 124 PJ kolem roku 2020, na 92 PJ v roce 2030, na 50 PJ v roce 2040 a na 29 PJ v 2050. Větší dostupnost HU ve Variantě 2 zvyšuje objem spáleného HU v teplárnách v období 2030-45 pouze minimálně, v dalších letech je v podstatě stejný jako ve Variantě 1. V roce 2030 je ve Variantě 2 spáleno v teplárnách ročně o 14 PJ HU více než ve Variantě 1 (106 PJ vs. 92 PJ), relativně se jedná jen o 15 % větší spotřebu; kolem roku 2045 dochází k největšímu rozdílu mezi variantami 1 a 2 (o 36%), avšak rozdíl činí absolutně jen 10 PJ (celkem 38 PJ vs. 28 PJ). Rozdíl ve spálení HU v teplárnách mezi Variantou 3 a Variantou 2 je ještě menší – absolutně se jedná o méně než 1 PJ za rok a to jen v letech 2023-2032. Ve zbylých letech se spotřeba HU v teplárnách rovná v obou variantách. Spotřeba HU v teplárnách ve Variantě 4 je identická se spotřebou ve Variantě 3.

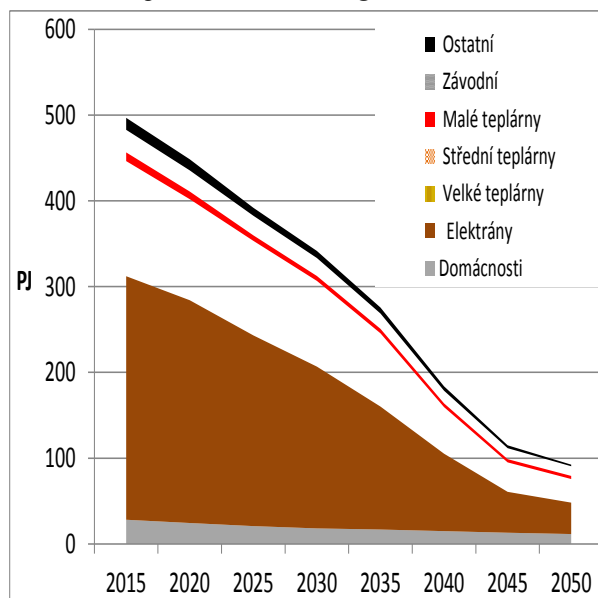
Obrázek 30 Spotřeba HU dle kategorií ve Variantě 1



Obrázek 31 Spotřeba HU dle kategorií ve Variantě 2



Obrázek 32 Spotřeba HU dle kategorií ve Variantách 3 a 4



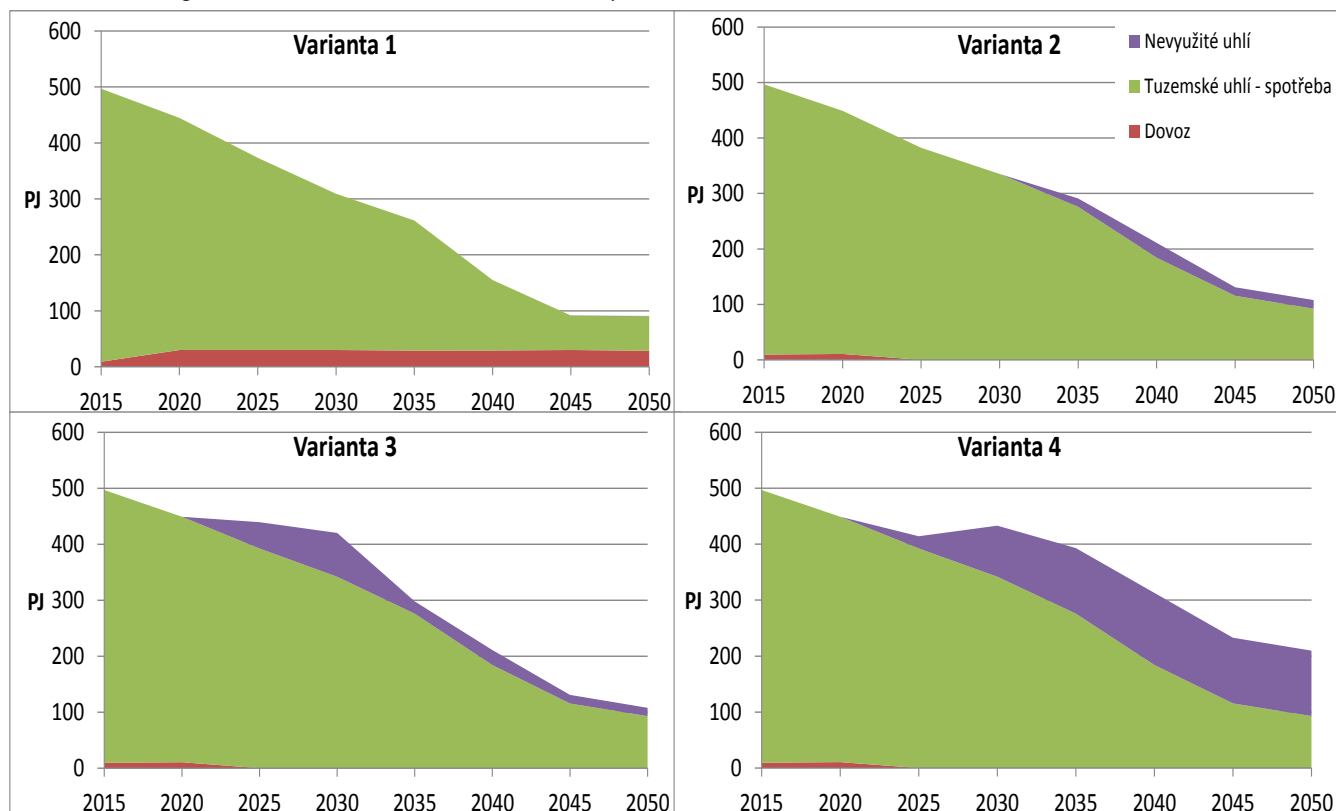
#### 6.3.5. Nabídka hnědého uhlí vs. poptávka po hnědém uhlí

Obrázek 30 až Obrázek 32 popisují poptávku po HU, Obrázek 33 popisuje nabídku HU. Vývozy HU se z důvodu ekonomické nerentability nepředpokládají. Také se nepředpokládá vývoz elektřiny nad objem, který předpokládá SEK.

Shrneme, že

- Uspokojení poptávky po HU ve Variantě 1 vede k dovozům v objemu kolem 30 PJ za rok. Prolomení UEL ve všech dalších variantách povede k soběstačnosti v nabídce HU od roku 2025.
- Prolomení UEL ve variantách 2, 3 a 4 také povede k objemům těžby, po kterém nebude poptávka a které tak nebude uplatnitelné na trhu. Tyto objemy rostou s objemy těžby; ve Variantě 2 bude 13 % vytěženého HU neuplatnitelné na trhu od roku 2040, 19 % vytěženého HU kolem roku 2030 nebude uplatnitelné na trhu ve Variantě 3, zatímco více než polovina vytěženého HU nebude uplatnitelné na trhu od roku 2045 ve Variantě 4.

Obrázek 33 Spotřeba tuzemského HU, dovoz HU a nevyužité HU za ÚEL ve Variantách 1-4



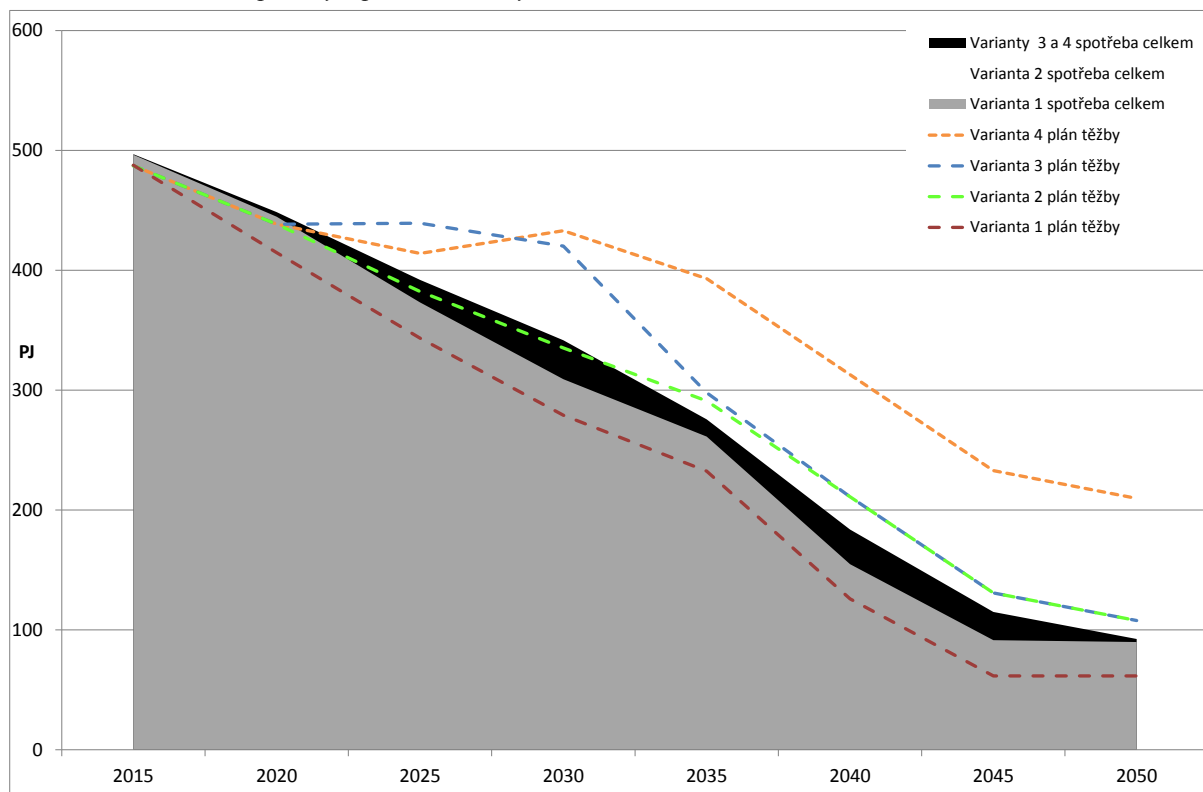
Aby byla celková poptávka po HU uspokojena, musí být ve Variantě 1 část HU dovezena, a to v objemu 9 PJ ročně do roku 2017, poté v objemu kolem 30 PJ za rok. Relativně se jedná o méně než 2 % celkové spotřeby HU do roku 2017, tento podíl z důvodu poklesu domácí těžby HU a poklesu celkové spotřeby HU postupně roste z 8 % v 2025 na 11 % v 2035 a dosahuje 32 % na konci období. Prolomení UEL, a to už ve Variantě 2, povede k soběstačnosti v HU kolem roku 2025. Do té doby se předpokládají ve variantách 2, 3 a 4 dovozy v objemu kolem 10 PJ ročně. Varianta 2 však také od roku 2033 vytěží uhlí, pro které nebude poptávka, tedy nebude jej potřeba (Obrázek 33 fialová plocha). Objem vytěženého neuplatněného HU na trhu se pohybuje kolem 15 PJ za rok, v období 2038-2042 bude objem nevyužitelného HU v průměru kolem 27 PJ za rok.

Objemy HU, pro které nebude poptávka, jsou ještě vyšší ve variantách 3 a 4. Ve Variantě 3 je objem HU, který nebude uplatnitelný na trhu, 470 PJ celkem během období 2023-2032, dalších 220 PJ v období 2033-2042, a 150 PJ v posledním navazujícím desetiletí. Objemy HU, pro které nebude poptávky ve Variantě 4, jsou ještě vyšší: 570 PJ kumulativně během 2023-2032, dalších 1 230 PJ v období 2033-2042 a 1 170 PJ v období 2043-2052.

Rozdíl poptávky a nabídky ilustruje pro všechny 4 varianty Obrázek 34. Poptávku po HU – spotřebu celkem – pro jednotlivé varianty jsou znázorněné plochou, přičemž spotřebu ve Variantě 1 značí šedá plocha, spotřeba ve Variantě 2 je součtem ploch šedé a oranžové, a spotřeba ve Variantě 3 je součtem ploch šedé, oranžové a černé. Spotřeba ve Variantě 4 je stejná se spotřebou ve Variantě 3. Nabídka HU ve všech čtyřech variantách je znázorněné přerušovanými čarami. Nejnížší (červená) čára popisuje trajektorii těžby ve Variantě 1. Rozdíl mezi touto trajektorií a šedou plochou je dán dovozy HU. Zelená čára popisuje trajektorii těžby ve Variantě 2. Ta je mírně pod celkovou poptávkou nebo se s ní kryje (oranžová plocha) v období 2015-2030, od roku 2030 však dochází k objemům HU neuplatnitelným na

trhu. Varianta 3 generuje objemy HU, které nejsou uplatnitelné na trhu, už od roku 2025 (srovnej modrou čáru a objem spotřeby). Převís nabídky HU nad poptávkou po HU je ještě výraznější ve Variantě 4 (srovnej se žlutou čárou).

Obrázek 34 Porovnání spotřeby a plánované těžby HU ve Variantách 1-4



Výši převisu plánovaného objemu vytěženého hnědého uhlí nad spotřebou (poptávkou) popisuje Tabulka 57. Ta uvádí převis nabídky v procentech vytěženého objemu HU v každém roce daného období. Ve Variantě 2 kolem 13 % vytěženého HU nebude v období 2040-2045 uplatnitelných každým rokem na trhu. Ve Variantě 3 nebude uplatnitelné na trhu 19 % vytěženého HU kolem roku 2030. Ve Variantě 4 více než polovina vytěženého HU nebude uplatnitelná na trhu po roku 2045. Záporná čísla v tabulce uvádí objem dovozů na pokrytí poptávky jako procento z vytěženého objemu HU.

Tabulka 57 - Převis nabídky HU nad poptávkou po HU jako procento vytěženého objemu HU.

	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Varianta 1	-2%	-7%	-9%	-11%	-12%	-23%	-48%	-46%
Varianta 2	-2%	-2%	0.1%	0.1%	5%	13%	12%	15%
Varianta 3	-2%	-2%	11%	19%	7%	13%	12%	14%
Varianta 4	-2%	-2%	5%	21%	30%	41%	51%	56%

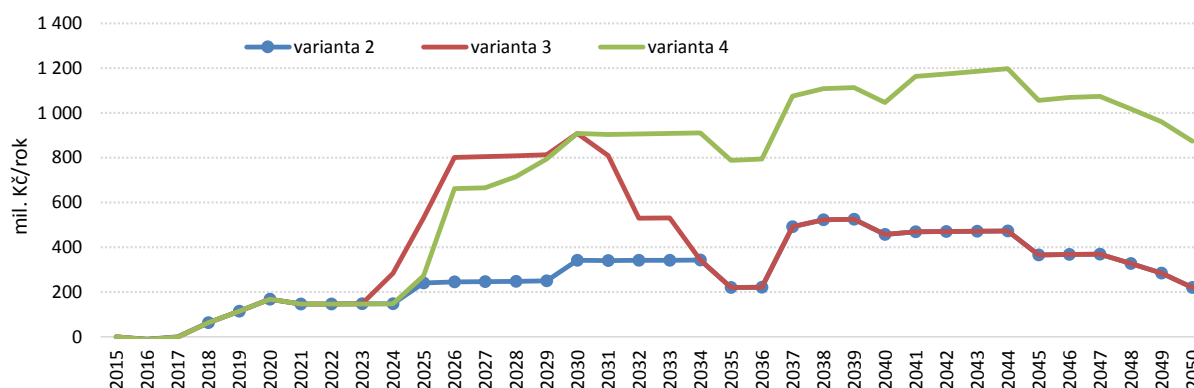
## 7. Diskuse výsledků

### 7.1. Diskuse hlavních výsledků studie

Prolomení územních ekologických limitů na velkolomu Bílina a ČSA má větší environmentální a zdravotní dopady než neprolomení těchto limitů (viz Obrázek 35).

- Varianta 2 vede k dodatečným externím nákladům oproti variantě 1 mezi 200 až 500 mil. Kč za rok, kumulativně za celé období 2015-2050 o 10.1 mld. Kč více než u neprolomení ÚEL.
- Varianta 3 přináší oproti variantě 1 stejnou výši externích nákladů, v období 2024-2033 však v důsledku částečného prolomení limitů na dolu ČSA dochází k dodatečným externím nákladům v průměru o 700 mil. Kč za rok (oproti variantě 1). Kumulativně, externí náklady varianty 3 jsou o 14.2 mld. Kč větší než externality generované ve variantě 1.
- Varianta 4 je spojená s nejvyšším externími náklady. Ty jsou od roku 2020 o více než 1 000 mil. Kč za rok vyšší než u varianty 1, kumulativně je celková škoda za celé období o 25.3 mld. Kč větší než u varianty 1.

Obrázek 35 - Srovnání externích nákladů ve variantě prolomení ÚEL proti variantě zachování ÚEL (mil. Kč/rok)



Srovnání oproti externím nákladům spojeným s variantou 1 pak ukazuje, že ve variantě 2 dojde v období do roku 2050 k navýšení posuzovaných externalit oproti variantě 1 o 72 %, ve variantě 3 o 101 % oproti variantě 1 a ve variantě 4 dokonce o 180 % oproti variantě 1 – tj. celkové externality jsou v této variantě téměř trojnásobné oproti variantě 1.

Při interpretaci celkových externalit je třeba upozornit na fakt, že dle předpokladů studie je veškeré vytěžené uhlí alokováno do zvláště velkých a velký spalovacích zdrojů, které mají přísnější emisní limity než střední a malé zdroje. Nezahrnutí těchto zdrojů do výpočtu – i přes jejich relativně malý podíl na dodávkách uhlí z lomů Bílina a ČSA – že kvantifikované celkové externality jsou spíše spodním odhadem skutečné situace. Primárním cílem studie bylo kvantifikovat externí náklady prolomení ÚEL ve srovnání s externími náklady jejich neprolomení, nicméně předpokládaný objem spalování hnědého uhlí v domácnostech je ve všech 4 variantách shodný, a proto i dodatečné externality prolomení ÚEL pro tento segment trhu jsou nulové. Modelování těchto dopadů by bylo i časově náročné, neboť rozptýl i

kumulovaná expozice jsou velice specifické k místu, kde ke spalování dochází, a časová alokace pro zpracování studie takové zdroje zahrnout neumožňovala.

Kromě omezení na straně zdrojů emisí je třeba zmínit i to, že externalitami z emisí z užití vytěženého uhlí ve velkých stacionárních spalovacích zařízeních při výrobě tepla a elektřiny jsou dotčení nejen obyvatelé ČR, ale i velké části Evropy. Naproti tomu externí náklady v důsledku emisí prашného aerosolu a hluku z těžby mají lokální charakter a závisí nejen na objemu vytěženého uhlí a přesunuté skrývky, ale zejména na počtu obyvatel v blízkosti těžby.

V této studii představená kvantifikace environmentální a zdravotních dopadů je přitom pojata poměrně úzce, neboť opomíjí celou řadu dalších environmentálních efektů spojených s těžbou, ať už se jedná o dopady na krajinu, na kulturní statky, či v širším kontextu na kvalitu života (mj. dopady na psychiku) a na celkový stav populace, a to včetně dalších generací. Hodnocení zdravotních dopadů vychází z funkcí expozice-odpověď odvozených jako průměrný efekt za dotčenou populaci. Epidemiologický výzkum indikuje větší efekt expozice znečišťujícími látkami u ohrožené populace. Takto ohroženou skupinou obyvatelstva je i populace, která byla už v minulosti působení znečišťujících látek vystavena. Populace bydlící v okolí analyzovaných lomů a v okolí zdrojů, ve kterých se předpokládá vytěžené uhlí spalovat, představuje takto ohroženou skupinu. Kvalifikovaně odpovědět, zda by dopady na zdraví v této skupině byly větší, však vyžaduje další výzkum.

Do hlavních výsledků nejsou zahrnuty dopady ze změny klimatu způsobené emisemi skleníkových plynů z užití vytěženého uhlí. Hodnotu externích nákladů spojených se změnou klimatu a kvantifikace jsou nicméně kvantifikovány v doplňkových scénářích a dosažené výsledky jsou v souladu s předešlými kvantifikacemi externích nákladů spojených s výrobou elektrické energie v ČR (Melichar et al., 2012a) nebo analýzou externích nákladů prolomení ÚEL (Melichar et al., 2012b), které obě předpokládaly globální perspektivu při analýze dopadů.

Výsledky kvantifikace vychází z užití hnědého uhlí v elektrárnách a teplárnách, tak jak je předpokládá studie MPO (2015a). Výsledky modelování energetického mixu modelem dílčí rovnováhy TIMES predikují ve všech variantách prolomení ÚEL přebytky hnědého uhlí – značná část vytěženého objemu hnědého uhlí by v takovém případě nebyla uplatnitelná na trhu, aniž by se výrazně zvýšily vývozy elektrické energie (případně vyrobené v nově vystavěných zdrojích). Výsledek optimalizace energetického mixu modelem TIMES při zadaných předpokladech také ukazuje, že objemy spáleného hnědého uhlí se výrazně neliší ani mezi třemi variantami prolomení ÚEL, ani mezi variantou 1 (bez prolomení) a variantami prolomení ÚEL.

Předkládaná analýza kvantifikuje environmentální dopady, pro které je řešitelskému týmu známa funkce expozice-odpověď, a pro který existuje peněžní hodnota dopadu na blahobyt. Studie zahrnuje jen dopady na lidské zdraví, které jsou způsobené změnou kvality životního prostředí (znečištěním, hlukem, nebo změnou klimatu).<sup>18</sup> Možné další dopady na zdraví, které mohou vznikat přímým efektem těžby, například dopady na psychiku lidí bydlících na území velkolomů nejsou předmětem předkládané kvantifikace. V případě, že takovéto další negativní efekty existují a jsou zároveň externím nákladem

---

<sup>18</sup> Hodnocení zdravotních dopadů vychází z funkcí expozice-odpověď odvozených jako průměrný efekt na dotčenou populaci. Epidemiologický výzkum indikuje větší efekt expozice znečišťujícími látkami u ohrožené populace (MUDr. Radim Šrám, DrSc., osobní komunikace). Takto ohroženou skupinou obyvatelstva je i populace, která byla už v minulosti působení znečišťujících látek vystavena. Populace bydlící v okolí analyzovaných lomů a v okolí zdrojů, ve kterých se předpokládá vytěžené uhlí spalovat, představuje takto ohroženou skupinu. Zdali by však dopady na zdraví byly pro tuto skupinu větší, vyžaduje další výzkum.



(tzn. dopad je reflektovaný změnou blahobytu nebo zisku), je předkládaná hodnota externích nákladů dolním odhadem a konzervativní hodnotou dopadů prolomení ÚEL.

Protože je primárním cílem studie kvantifikovat externí náklady prolomení ÚEL ve srovnání s externími náklady jejich neprolomení, studie se nezabývá externími náklady způsobenými spalováním hnědého uhlí v domácnostech, jehož předpokládaný objem je ve všech 4 variantách shodný a proto i dodatečné externality prolomení ÚEL jsou pro tento segment trhu nulové. Modelování těchto dopadů by bylo i časově velice náročné, protože rozptýl i kumulovaná expozice jsou místně specifické, časová alokace pro zpracování studie však takové modelování neumožňovala.

## **7.2. Diskuse výsledků doplňkových scénářů**

Doplňková scénáře této studie mají za cíl ukázat problematiku externalit z případného prolomení ÚEL v širším kontextu.

### **7.2.1. Dopady ze změny klimatu**

I když jsou konceptuální základy a metodologie odhadu společenských nákladů uhlíku dobře zdůvodněné, využívání peněžní hodnoty dopadů skleníkových plynů v hodnocení nákladů a přínosů vládních politik týkající se změny klimatu nebývalo až tak časté, jak tomu bývalo při hodnocení dopadů ze znečištění ovzduší. Ne jinak tomu bylo i v členských zemích EU, ve kterých byly dopady ze změny klimatu zahrnovány do CBA zejména jako součást posuzování dopadů ze znečištění ovzduší. Evropská rada reflektovala závažnost dopadů z emisí skleníkových plynů a od roku 2004 požaduje, aby Komise zkoumala přínosy politik zmírňující dopady klimatické změny, zdůrazňující že *“peněžně vyjádřené přínosy ze zamezených dopadů, které jsou odhadnuty globálně, avšak také se zřetelem na evropskou úroveň, umožní plně informované politické rozhodování”*.<sup>19</sup>

Podobně britský *Department of Energy and Climate Change* stanovuje každoročně hodnoty obchodovaného uhlíku pro účely hodnocení dopadů vládních politik Velké Británie. Hodnoty dopadů ze změny klimatu jsou používány i při hodnocení společenské přijatelnosti investičních projektů mezinárodními finančními institucemi, jako například Evropskou investiční bankou (viz kap. 4.4).

Zahrnování ekonomických přínosů ze snížení uhlíku v CBA, respektive RIA, se stalo ve Spojených Státech precedentem až od roku 2008, kdy federální soud přiznal snížení emisí uhlíku nenulovou hodnotu (Pizer et al., 2014). Za účelem stanovení konsensuální hodnoty uhlíku při hodnocení dopadů domácích politik byla v roce 2010 v americkou administrativou zřízená mezipřevodní skupinou (*US Government Interagency Working Group on Social Cost of Carbon*), která tuto hodnotu stanovuje na základě odhadů společenských nákladů uhlíku z IAM modelů (viz kap. 4.4).

---

<sup>19</sup> „...monetised avoided impact benefits, estimated globally, but with a focus also on the European scale, will enable fully informed policy making“ (*The European Council 2004*)

Zahrnutí dopadů emisí skleníkových plynů výrazně ovlivňuje celkovou hodnotu externích nákladů posuzovaných variant, zejména v případě širší než národní perspektivy sledované v hodnocení dopadů. Při perspektivě EU dopady ze změny klimatu představují 28 % hodnoty externích nákladů spojených s emisemi hluku a znečišťujících látek vypouštěných do ovzduší nesených obyvateli EU. Tento podíl je ještě výraznější u globální perspektivy, a činí 145 % ve variantách 2 a 3, nebo 154 % ve variantě 4.

Tabulka 58 Srovnání externích nákladů emisí skleníkových plynů (změna klimatu) a externích nákladů ze znečišťujících látek a hluku, v mil. Kč za období 2015-2050

	varianta 1	varianta 2	varianta 3	varianta 4
<b><i>národní perspektiva</i></b>				
(i) externality bez dopadů klimatické změny	14 022	24 128	28 211	39 283
(ii) externality spojené s dopady klimatické změny	659	1 331	1 558	2 314
(ii) jako % z (i)	4.7%	5.5%	5.5%	5.9%
<b><i>perspektiva EU</i></b>				
(i) externality bez dopadů klimatické změny	136 753	236 214	276 354	385 340
(ii) externality spojené s dopady klimatické změny	35 487	66 229	77 665	110 489
(ii) jako % z (i)	25.9%	28.0%	28.1%	28.7%
<b><i>globální perspektiva</i></b>				
(i) externality bez dopadů klimatické změny	139 192	240 569	281 425	392 261
(ii) externality spojené s dopady klimatické změny	171 894	347 275	406 593	604 027
(ii) jako % z (i)	123.5%	144.4%	144.5%	154.0%

### 7.2.2. Optimalizace scénáře potřeby HU

Odhad externích nákladů na základě optimalizace modelu TIMES-CZ se dívá na problematiku prolomení ÚEL v širším kontextu celého energetického mixu a Státní energetické koncepce (MPO 2015). Uvolňuje tedy některé předpoklady hlavní části studie - zejména předpoklady o využití vytěženého uhlí, které je výsledkem optimalizace energetického systému při respektování plánované výroby elektřiny z jádra a OZE dle SEK (MPO, 2015). Výsledky modelu ukazují, že – při naplnění cílů SEK v oblasti výroby elektřiny z OZE a jádra – není v české energetice uplatnění pro všechno uhlí vně ÚEL. Ve variantě 2 dochází k přebytkům HU od roku 2033 mezi 15 až 27 PJ ročně (tj. 1 až 1,9 mil. tun při průměrné výhřevnosti HU z lomu Bílina 14,58 MJ/kg) a ve variantách 3 a 4 jsou tyto přebytky výrazně vyšší a začínají již v kolem roku 2025. Tyto závěry jsou v souladu s výsledků studie MPO (2015a) s tím rozdílem, že dle výsledků modelu TIMES-CZ jsou přebytky HU již ve variantě 2, jelikož nejsou naplněny plné nároky zdrojů na spotřebu HU. To je mimo jiné způsobeno omezením celkové hrubé výroby elektřiny, dodávek tepla do SZT a výroby elektřiny z OZE dle SEK a dále předpokládanou cenou emisní povolenky EUA. Díky nižšímu využití HU za limity jsou i celkové externality pro tento doplňkový scénář pro varianty 2 až 3 nižší a nejsou výrazně vyšší než ve variantě 1.

### 7.2.3. Globální versus lokální přínosy

Dle zadání studie jsou v základním scénáři předmětem kvantifikace pouze dopady, které dopadají na obyvatele ČR, a to jak dopady ze znečišťujících látek, tak dopady ze změny klimatu. Výsledky externích nákladů pro tři různé perspektivy kvantifikace – národní hledisko, perspektiva EU a globální záběr – uvádí Tabulka 55 a Tabulka 56.

Důležitost stanovení rozsahu reflektovaných dopadů politik při jejich kvantifikaci ilustruje Tabulka 59. Při perspektivě EU jsou externí náklady ze znečišťujících polutantů a hluku přibližně 10krát vyšší, respektive dopady na obyvatele ČR představují pouze 10 % celkových dopadů dopadajících na obyvatele všech zemí EU. Dopady změny klimatu jsou distribuovány rovnoměrněji a příspěvek národních dopadů na hodnotě dopadů v EU činí pouze 2 % (respektive dopady v EU jsou přibližně 50krát větší než dopady v ČR). Připomínáme však, že pokud rozptýl dopadů ze znečišťujících látek vypouštěných do ovzduší je výsledkem modelování nástrojem EcoSense, tak podíl na dopadech klimatické změny je dán aproximací založené na podílu českého HDP na HDP EU. Hodnota externích nákladů spojených s efekty na životní prostředí a lidské zdraví v EU by byla přibližně 12krát vyšší, než je hodnota v základním scénáři. Jinými slovy hodnota externích nákladů v základním scénáři představuje kolem 8 % hodnoty celkových externích nákladů spojených s efekty v EU.

Při globální perspektivě podíl externí nákladů ze znečišťujících polutantů a hluku dopadající na obyvatele ČR na dopadech na celém světě zůstává v podstatě stejný jako u perspektivy EU. Důvodem je skutečnost, že emise vypouštěné do ovzduší se ve velké míře rozptýlí pouze nad Evropou. Dopady změny klimatu kvantifikovány přes společenské náklady uhlíku na globální úrovni jsou 261krát vyšší dopadů, která byla aproximována pro ČR. V případě, že by kvantifikace externích nákladů zahrnovala i dopady ze změny klimatu a efekty na celém světě, tak tato hodnota by byla přibližně 24krát vyšší než je hodnota v základním scénáři. Jinými slovy hodnota externích nákladů v základním scénáři představuje pouze 4 % hodnoty celkových externích nákladů spojených s globálními efekty.

Tabulka 59 Srovnání externalit při perspektivě EU nebo globálním hledisku s externalitami pro národní hledisko, násobek z hodnoty externích nákladů při národní perspektivě

	varianta 1	varianta 2	varianta 3	varianta 4
<b><i>perspektiva EU</i></b>				
(i) externality bez dopadů klimatické změny	9.8	9.8	9.8	9.8
(ii) externality spojené s dopady klimatické změny	53.9	49.8	49.9	47.7
(iii) celkové externality	11.7	11.9	11.9	11.9
<b><i>globální perspektiva</i></b>				
(i) externality bez dopadů klimatické změny	9.9	10.0	10.0	10.0
(ii) externality spojené s dopady klimatické změny	261.0	261.0	261.0	261.0
(iii) celkové externality	21.2	23.1	23.1	24.0

Otázka, zda by politika měla reflektovat globální efekty nebo jen ty, které se týkají občanů dané země, se začala na odborné úrovni diskutovat poměrně nedávno (v angl. literatuře se jedná o problém „economic standing“).

V USA se řídí proces analýzy dopadů (RIA) exekutivním nařízením 12866, vydaným prezidentem Clintonem v roce 1993, z kterého plyne to, že referenční skupinou při provádění analýz federálních

politik jsou obyvatelé USA, a ne světová populace. Následně zpracoval *US Office of Management and Budget* metodiku RIA (*Circular A-4*), která je v souladu s důrazem kladeným na domácí přínosy, který plyne z nařízení z roku 1993. Tato metodika však také umožňuje uvádět přínosy v zahraničí, jestliže jsou uváděny samostatně (US OMB 2003). Tento princip byl znovu potvrzen Nařízením 13563 současného prezidenta Obamy z roku 2011. Dle Pizera a kol. (2014) tak má prezident i vládní agentury stále možnost se rozhodnout zda budou v RIA použity hodnoty pouze dopadů na obyvatelstvo a ekonomiku USA, nebo hodnoty, které budou odpovídat přínosům na globální úrovni. Klíčové nařízení, jako *Clean Air Act* nebo *National Environmental Policy Act* se přitom vztahují ke globálním efektům (*ibid.*). V současnosti prováděné analýzy dopadů vládních politik administrativou USA tak představují několik příkladů, kdy se RIA vztahuje k efektům, které neplnou nejen občanům USA.

Zpráva Meziresortní pracovní skupiny k SCC (IWGSCC 2010) zřízené administrativou USA se staví k zahrnutí globálních efektů také pozitivně a přiklání se k názoru, že je možné vzít v úvahu jak domácí přínosy, tak přínosy plynoucí v zahraničí. Hodnota přínosů ze změny klimatu doporučená IWGSCC vychází z výsledků tří IAM modelů (DICE, PAGE, FUND), které zahrnují globální efekty klimatické změny (hodnoty viz výše). Z těchto hodnot IWGSCC izoluje podíl domácích přínosů dvěma způsoby (viz Greenstone et al., 2013). První je založen na odhadu SCC pro USA, což však umožňuje pouze jeden ze tří IAM modelů. Ten uvádí podíl domácích (USA) přínosů na celkových (globálních) dopadech emisí skleníkových plynů v rozmezí 7% až 10% (*ibid.*, s. 34). Druhý způsob předpokládá, že podíl domácích přínosů změny klimatu je proporcionální k současnému podílu Spojených států na celosvětovém (globálním) HDP, který činí 23% (*ibid.*, s. 34). Z důvodu predikovaného poklesu podílu USA na celosvětovém HDP v příštích desetiletích by tato hodnota spíše nadhodnocovala domácí podíl na celosvětových škodách (Geyer a Viscusi, 2014).

Pro zahrnutí „celkových“ globálních efektů do hodnoty SCC spatřuje IWGSCC dva důvody. Prvním je skutečnost, že skleníkové plyny vedou „...ke globální externalitě, tzn. že emise většiny skleníkových plynů přispívají ke škodám na celém světě dokonce i když jsou vypouštěné ve Spojených státech...“ (Greenstone et al., 2013). Druhý důvod představuje fakt, že „klimatická změna je problém, který Spojené státy nemohou vyřešit samy“ (*ibid.*). Tento postoj podporuje už citovaný Pizer et al. (2014), podle kterého je použití globálních společenských nákladů uhlíku u *Clean Air Act* ospravedlnitelné právě z toho důvodu, že se úprava vztahuje ke globálním efektům. Zahrnutí globálních efektů také nevylučuje, že by národní zájmy USA nemohly být zajištěné prostřednictvím globální SCC (Pizer et al., 2014). Geyer a Viscusi (2014) tyto důvody vyvrací.

V EU je u CBA vyžadováno, aby byly dopady, které pravděpodobně nastanou v důsledku implementace politiky, identifikovány, a to jak dopady v rámci EU, tak mimo EU. Evropská komise (2009) dále požaduje, aby CBA vzala v úvahu také to, zda opatření mají dopady na životní prostředí ve třetích zemích, které by byly relevantní pro zastřešující EU politiky, jakým je rozvojová politika. Jestli mají být náklady a přínosy dopadající mimo EU vzaty v CBA v úvahu je ponecháno na rozhodnutí toho, kdo CBA zpracovává. Zpracovatel CBA by však měl uvést „jakým způsobem a v jakém rozsahu byly tyto globální dopady při hodnocení alternativ vzaty v úvahu“. Při hodnocení dopadů návrhů politik nebo v důvodových zprávách orgány EU vycházely z hodnot dopadů, které se vztahovaly na území EU (Impact Assessment v EC 2013). V případě, že byly využívány výsledky z metody ExternE, kvantifikované dopady mohly obsahovat i efekty vně EU nebo dokonce mimo Evropy; příkladem jsou studie Pye et al. (2008) nebo Van Regemorter (2008). Analýze ekonomických přínosů snížení emisí v důsledku mitigačních opatření provedenou v rámci FP7 projektu ClimateCost zahrnuje dopady vzniklé v důsledku disperze znečišťujících látek v Evropě, Číně a Indii (Holland et al., 2011:7). V CBA zpracované k *Tematické strategii o znečišťování ovzduší* pro Evropskou komisi (Holland 2014) jsou dopady a ekonomické přínosy specifické pro EU28, avšak samostatně jsou také uvedené přínosy pro

non-EU země, které jsou přeshraničním efektem snížení emisí v EU28 dotčeny. Přínosy na lidské zdraví v zemích mimo EU28 činí nejméně 20% přínosů v zemích EU.<sup>20</sup> Ve stejném dokumentu jsou v příloze 6 dopady na non-EU země nulové z toho důvodu, že návrh Evropské komise nepožaduje po těchto státech žádné snížení emisí (Holland 2014, str. 66).

Velká Británie byla jednou z prvních zemí, jejíž vláda brala v potaz hodnotu SCC odvozenou z odhadů IAM modelů při jednáních o regulačních opatřeních. Hodnoty SCC však nebyly použité při odvozování národních emisních cílů (Wattkiss a Hope, 2011). Hodnoty nákladů uhlíku byly stanovené na základě nákladů na zamezení, které by vedly ke splnění emisního redukčního cíle Velké Británie, aniž by byla vyřešena otázka, či přínosy mají být brány v potaz (tzv. „*target consistent resource-cost approach*“).

Pro zahrnutí globálních efektů v RIA nebo CBA existují dva důvody, kterými je reciprocita a altruismus (Geyer a Viscusi, 2014). Při reciprocitě by aplikace globální perspektivy v analýze dopadů domácí politiky znamenala podminění tohoto záběru míře reciprocit reflektovaných ostatními zeměmi v jejich klimatických politikách. Jak pokračují Geyer a Viscusi, odpovídající způsob a míra jakékoliv úpravy v důsledku reciprocit je nejasné.

Pro případ politik stanovených spolky států je však reciprocita explicitně stanovena. Příkladem je klimatická politika EU, ve které se jednotlivé členské země zavazují splnit cíl pro EU a přispět k jeho splnění svým dílem. Argument reciprocit podporuje naši volbu pro užití dopadů na země EU v těch případech, kde je politika stanovena na úrovni EU. Z tohoto důvodu autoři studie doporučují, aby střední hodnota pro škody způsobené emisemi skleníkových plynů zahrnovala dopady na EU; tedy varianta [SCC-střed „EU“]. Dle zadání studie je však v základní variantě kvantifikace dopadů předpokládána část hodnoty škod ze změny klimatu, která se týká pouze občanů ČR, tedy [SCC-střed „domácí“].

Druhým racionálním argumentem pro rozšíření perspektivy dopadů představuje altruismus. V případě altruistických motivů, mohou očekávané nebo predikované dopady vně ČR vyvolávat ztrátu blahobytu u občanů ČR. Je-li tomu tak, pak by část globálních efektů, které dopadají na ne-rezidenty ČR, měla vstupovat do ocenění přínosů, které vyvolává domácí politika. Nezápornou hodnotu dopadů dopadajících na ne-rezidenty také podporuje empirický výzkum, v němž argument altruismu obdobně podporuje použití vyšší hodnoty dopadů než tu, která odpovídá (domácím) efektům na rezidenty.

Pro případ zemí EU tak oba argumenty vedou k závěru, že užití hodnot dopadů změny klimatu, které odpovídají dopadům na země EU, představuje konzervativní výši (dolní interval) hodnoty ekonomických přínosů, která by měla být použita v CBA.

Volba mezi „národními“ versus „globálními“ efekty při posuzování dopadů politik tak zůstává etickou otázkou. Ruku v ruce s etickými otázkami však tato volba obsahuje i bezpečnostní otázky a v neméně významné řadě také otázky strategie v zahraničně-politických jednáních týkající se regulace skleníkových plynů na mezinárodní úrovni. Jak podotýkají Pizer et al. (2014), hospodářsky rozvinuté země jsou vtaženy do vyjednávání, která probíhají na mezinárodní úrovni, a ve kterých je snížení národních emisí částí celkového závazku snížit emise ostatními zeměmi. Přínosy plynoucí každé zemi jsou tak determinovány úsilím snižovat emise na globální úrovni. Dokonce i tehdy, když jednotlivý stát sleduje pouze dopady na občany vlastní země, potenciál povzbudit snížení emisí v zahraničí vyjednáváním na mezinárodní úrovni podporuje to, aby odhad „domácích“ SCC byl navýšen o

---

<sup>20</sup> Srovnej 3.5 b€/rok pro non-EU země s 14.4 b€/rok v EU28 při užití mediánové hodnoty VOLY při oceňování mortality (Holland 2013; Tab. 3.4).

očekávané přínosy plynoucí z mitigačních opatření provedených v zahraničí. Toto je dobrým důvodem, aby národní stát vzal v úvahu globální, a ne domácí, hodnotu efektů, jak také uzavírají ve svém článku Pizer et al.

### **7.3. Využití kvantifikace externích nákladů v politice**

Kvantifikace externích nákladů nebo přínosů může sloužit pro několik účelů. Prvním je srovnat vyvolané náklady a přínosy určité politiky, jakou je například prolomení limitů těžby uhlí. Navržená politika nemusí být optimální, ani nemusí vést k optimální trajektorii čerpání zdrojů nebo úrovně emisí. Z tohoto důvodu není opodstatněné, aby analýza nákladů a přínosů reflektovala odhady přínosů (škod), které odpovídají optimální úrovni, například aby hodnota škod spojená se změnou klimatu odpovídala optimální trajektorii objemu emisí a tím i Pigouviánské dani. Odhad přínosů pro účely naší studie by se měl vztahovat k arbitrárně stanovenému cíli ohledně objemu emisí.

Kvantifikace externích nákladů spojených s emisemi vypouštěnými do ovzduší by v ideálním případě měla reflektovat koncentrace pozadí, které bude výsledkem již implementovaných politik, ale také zvažovaných politik, které budou mít efekt na emise v období, pro které studie externí náklady kvantifikuje. Tento předpoklad je zajištěn v naší studii tím, že se předpokládá koncentrace znečišťujících látek, která byla namodelována pro období kolem roku 2020. V dalším období se předpokládají stejné koncentrace. V případě kvantifikace dopadů změny klimatu by měla hodnota dopadů emisí skleníkových plynů vycházet ze studií odhadující společenské náklady uhlíku (SCC), které předpokládaly trajektorii emisí, která je konzistentní s trajektorií emisí stanovenou politikou ČR. Prolomení UEL těžby však žádný cíl pro tyto emise nestanovuje. Tento návrh je však zasazen do rámce obecnějších politik, jako *SEK* nebo *Národní program na zmírnění dopadů změny klimatu v ČR*, a měl by odpovídat předpokladům a cílům stanovených v těchto rámcových politikách. Tyto politiky jsou v souladu s cíli stanovenými na úrovni EU, které jsou zase reflektované v odhadech SCC pomocí modelů IAM. Z toho plyne použití hodnot SCC ze shrnutí Tol (2013), a ne hodnot odhadů SCC odpovídajících Pigouviánské dani.

V případě, že by kvantifikace externích nákladů měla být využita pro stanovení optimálních sazeb daní nebo optimálního objemu emisí v systému EU ETS, tak by hodnocení přínosů mělo vycházet z kvantifikace škod, které odpovídá Pigouviánské dani.

Pro případ znečišťujících látek vypouštěných do ovzduší ze zdrojů produkujících energii ze spalování hnědého uhlí je důležité zmínit, že internalizace externích nákladů stávajícími politikami není dostatečná. Míra internalizace prostřednictvím poplatků na emise znečišťujících látek vypouštěných do ovzduší a daně na elektřinu nepřesahuje 6 %, v případě že zahrneme i křížové dotace poskytované v minulosti výrobě elektrické energie z obnovitelných zdrojů, tak míra internalizace nepřesahuje 70 %, ve většině případů se ale pohybuje kolem 40 % (Melichar et al., 2012; Máca et al., 2012). Výše optimální sazby daně na znečišťující látky indikuje srovnání výše externích nákladů a nákladů na snížení emisí. Externí náklady jsou výrazně na nižší úrovni než mezní náklady snížení těchto polutantů a vyrovnávají se až při přibližně 20% snížení emisí (Melichar et al., 2012). Prolomení ÚEL tyto emise nesnižuje, ale naopak zvyšuje, což vede k většímu vzdalování od optimální úrovně objemu vypouštěných emisí.

V případě kvantifikace škod ze změny klimatu by hodnocení přínosů mělo vycházet z kvantifikace SCC, které odpovídá Pigouviánské dani. Při kvantifikaci výše škod ze změn klimatu je důležité dynamické hledisko. Odhad hodnoty SCC ve studiích stoupá a dle meta-analýzy Richarda Tola (2013) o

2.3% ročně. Míra růstu SCC pro arbitrárně stanovenou politiku je 2.5% (*ibid.*). Růst hodnoty SCC, který odpovídá Pigouviánské dani, je pomalejší (2.1%; *ibid.*), protože klimatická politika ovlivňuje změnu klimatu v dlouhém období, avšak ne natolik v období krátkém.

V případě, že si politika klade za cíl snížit koncentraci nebo teplotu v dlouhém období, analýza nákladové efektivnosti představuje Hotellingův alokační problém (Tol, 2013). Optimálním řešením problému Hotellinga je, aby stínová cena rostla mírou, která odpovídá diskontní míře (Hotelling, 1930). Ve skutečnosti CO<sub>2</sub> se v atmosféře sám snižuje průměrnou mírou kolem 0,6 % ročně (Tol, 2013), což implikuje, že problém uhlíku je spíše než problémy optimální míry čerpání neobnovitelného zdroje problémem optimální kontroly zásob obnovitelného zdroje. Optimální míra růstu ceny uhlíku by proto měla odpovídat diskontní míře *plus* míře „vyčerpávání“ uhlíku v atmosféře (Dasgupta, 1982), která je během příštích 100 let kolem 0.6% ročně (Tol, 2013). Odhad růstů hodnoty SCC z modelů IAM je však výrazně nižší než suma těchto dvou měr (v případě, že předpokládáme, že diskontní míra je vyšší než 2% p.a.).

Mezní náklady snížení emisí by se měly rovnat stínové ceně uhlíku nebo Pigouviánské dani. V případě, že snížení emisí dnes povede ke zlevnění snižování emisí v budoucnu, tak současná daň uvalená na uhlík by měla být vyšší než optimální sazba a měla by růst nižším tempem; v opačném případě, by měla být dnes uhlíková daň nižší, ale růst vyšším tempem (Tol, 2013).

V případě, že opatření snižující emise skleníkových plynů vedou k vedlejším efektům, například ve formě zlepšení kvality ovzduší, (tzv. „*ancillary benefits*“), a opačně opatření ke zlepšení kvality ovzduší vedou ke snížení emisí skleníkových plynů, tak mezní náklady tohoto opatření a jejich růst by měl růst vyšší mírou než je stínová cena uhlíku, respektive stínová cena znečišťujících polutantů, a jejich růst (Ščasný et al., 2015).

Tabulka 60 - Externí náklady na tunu vytěženého a spáleného uhlí, různé perspektivy zahrnutí dopadů, v Kč na tunu spáleného hnědého uhlí

	varianta 1	varianta 2	varianta 3	varianta 4
<b>národní perspektiva</b>				
(i) externality bez dopadů klimatické změny	85	84	85	90
(ii) externality spojené s dopady klimatické změny	4	5	5	5
(iii) celkem	89	88	90	96
<b>perspektiva EU</b>				
(i) externality bez dopadů klimatické změny	825	818	831	886
(ii) externality spojené s dopady klimatické změny	214	229	234	254
(iii) celkem	1 040	1 047	1 065	1 140
<b>globální perspektiva</b>				
(i) externality bez dopadů klimatické změny	840	833	846	902
(ii) externality spojené s dopady klimatické změny	1 038	1 203	1 223	1 389
(iii) celkem	1 878	2 036	2 069	2 291

Externí náklady vztažené na tunu vytěženého uhlí mohou také indikovat ekonomickou racionálnost zvolení varianty; viz Tabulka 60. Hodnota externích nákladů činí 85 až 90 Kč na tunu vytěženého a

užitého hnědého uhlí případě, že jsou zahrnuté pouze dopady ze znečištění ovzduší a hluku na obyvatele ČR (základní scénář).

Zahrnutí dopadů ze změny klimatu na obyvatele ČR hodnotu externalit zvyšuje na 88 až 96 Kč na tunu. Zahrnutí externích nákladů na úrovni EU vede k hodnotě externality kolem 820 až 890 Kč na tunu, včetně dopadů ze změny klimatu jsou externality na úrovni EU kolem 1 100 Kč na tunu hnědého uhlí. Globální perspektiva kvantifikace dopadů vede k externalitám přes 2 000 Kč na tunu spáleného hnědého uhlí.



## Seznam použitých zkratek

ATEM	ATEM – Ateliér ekologických modelů, s.r.o.
As	Arsen
BAT	Nejlepší dostupná technika ( <i>Best Available Technique, BAT</i> )
BM	biomasa
BREF	Referenční dokumenty o nejlepších dostupných technikách ( <i>Reference Document on Best Available Techniques, BREF</i> )
CBA	Analýza nákladů a užitků ( <i>Cost-Benefit Analysis, CBA</i> )
CCS	Zachytávání a ukládání uhlíku ( <i>Carbon Capture and Storage</i> )
Cd	Kadmium
CERs	Certifikované snížení emisí ( <i>Certified Emission Reductions, CERs</i> )
CGE	Model všeobecné rovnováhy ( <i>Computable General Equilibrium</i> )
CO <sub>2</sub>	Oxid uhličitý
CO <sub>2eq</sub>	Ekvivalent oxidu uhličitého
COŽP UK	Univerzita Karlova v Praze, Centrum pro otázky životního prostředí
Cr	Chrom
Cr-VI	šestimocný chrom
CZT	Centrální zásobování teplem
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
ČSA	Velkolom Československé armády
ČSÚ	Český statistický úřad
ČU	černé uhlí
DECC	<i>Department of Energy and Climate Change</i>
DFA	Přístup funkce škod ( <i>Damage function approach</i> )
DICE	Dynamic Integrated Climate-Economy model
D-R	funkce dávka-odpověď ( <i>Dose-response Function</i> )
EIA	Posuzování vlivů na životní prostředí ( <i>Environmental impact assesement</i> )
EK	Evropská komise
ELC	elektřina
EPA	Agentura pro ochranu životního prostředí ( <i>U.S. Environmental Protection Agency, EPA</i> )
EPRI	Electric Power Research Institute
E-R	funkce expozice-odpověď ( <i>Exposure-response Function</i> )
ETSAP	Energy Technology Systems Analysis Programme
EU	Evropská unie
EU ETS	Evropský systém obchodování s povolenkami ( <i>Emissions trading system</i> )
EUA	Emisní povolenka EU ETS ( <i>European Union Allowances</i> )
ExternE	Externality energetiky ( <i>Externalities of Energy</i> )
FUND	Climate Framework for Uncertainty, Negotiation and Distribution (FUND) model
GJ	Gigajoule
GWh	Giwatthodina
HDP	hrubý domácí produkt
Hg	Rtut'
HRAPIE	Health Risks of Air Pollution in Europe
HU	Hnědé uhlí
CH <sub>2</sub>	stlačený vodík
CHOPN	chronická obstrukční plicní nemoc

IAM	<i>Integrovaný model posouzení</i> (Integrated Assessment Models)
IB	Invicta BOHEMICA, s. r. o.
IEA	Mezinárodní energetická agentura ( <i>International Energy Agency</i> )
IER	Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung
IPA	Analýza drah dopadů (Impact Pathway Approach)
IPCC	Mezivládní panel pro změny klimatu (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)
IWGSCC	Meziresortní pracovní skupina ke společenským nákladům uhlíku ( <i>Interagency Working Group on Social Cost of Carbon</i> )
JEDU	Jaderná elektrárna Dukovany
JETE	Jaderná elektrárna Temelín
Kč	Koruna česká
kg	Kilogram
LH <sub>2</sub>	zkapalnění vodík
m <sup>3</sup>	metr krychlový
mg	mikrogram
mil.	milion
MJ	Megajoule
mld.	miliarda
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky
MPSV	Ministerstvo práce a sociálních věcí České republiky
MRADs	Dny s mírně omezenou aktivitou
MRS	tržní stabilizační reserva ( <i>Market Stability Reserve, MSR</i> )
MSC-W	Meteorological Synthesizing Centre - West
MW	Megawatt
NEEDS	evropský projekt New Energy Externalities Development for Sustainability
NH <sub>3</sub>	Amoniak
Ni	Nikl
NMVOC	Nemethanové těkavé organické sloučeniny ( <i>Non-methane volatile organic compounds</i> )
NO <sub>2</sub>	Oxid dusičitý
NO <sub>x</sub>	Oxidy dusíku
NPV	Čistá současná hodnota ( <i>Net present value</i> )
O <sub>3</sub>	Ozon
OZE	obnovitelné zdroje energie
PAGE	Policy Analysis of the Greenhouse Effect model
Pb	Olovo
PJ	Petajoule
PKM	osobokilometr
PM <sub>10</sub>	Poléťavý prach o velikosti částic menší než 10 µm
PM <sub>2,5</sub>	Poléťavý prach o velikosti částic menší než 2,5 µm
PRTP	Čista míra časové preference ( <i>Pure Rate of Time Preference</i> )
PRTP	Čistá míra časové preference ( <i>Pure rate of time preference, PRTP</i> )
PV	Fotovoltaika
RAD	Dny s omezenou aktivitou
REZZO	Registr emisí a zdrojů znečištění ovzduší
RIA	Hodnocení dopadů regulace ( <i>Regulatory Impact Assessment, RIA</i> )
SD	Severočeské doly, a.s.
SEK	Státní energetická koncepce
SO <sub>2</sub>	Oxid siřičitý

SSC	Společenské náklady uhlíku ( <i>Social Cost of Carbon, SSC</i> )
SZT	Soustavy zásobování teplem
t	tuna
TIMES	The Integrated MARKAL-EFOM System
TIMES-CZ	Model českého energetického systému TIMES
TIMES-PanEU	Panevropský model TIMES
TKM	tunokilometr
TWh	Terawatthodina
TZL	Tuhé znečišťující látky
ÚEL	Územní ekologické limity
USA	Spojené státy americké
VOLY	Hodnota roku života ( <i>Value of a life year</i> )
VSL	Hodnota statistického života ( <i>Value of statistical life</i> )
VZP ČR	Všeobecná zdravotní pojišťovna České republiky
WEO	<i>World Energy Outlook</i>
WHO	Světová zdravotnická organizace ( <i>World Health Organization</i> )
WITCH	World Induced Technical Change Hybrid model
WLD	Dny pracovní neschopnosti ( <i>Work lossed days</i> )
WTA	Ochota akceptovat ( <i>Willingness-to-Accept</i> )
WTP	Ochota platit ( <i>Willingness-to-Pay</i> )
YOLL	Rok ztraceného života ( <i>Year of Life Lost</i> )

## Seznam tabulek

Tabulka 1 - Fyzické dopady v důsledku expozice ozónu za jednotlivé varianty za celé období 2015-2050 (počet let/ počet hospitalizací/ počet dní) .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Tabulka 2 Celkové externí náklady spojené s těžbou a užitím uhlí, včetně dopadů změny klimatu: EU a globální perspektiva dopadů, 2015-2050, v mil. Kč .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Tabulka 3 Externí náklady na tunu vytěženého a spáleného uhlí, různé perspektivy zahrnutí dopadů, v Kč na tunu spáleného hnědého uhlí.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Tabulka 4 – Vývoj těžby (mil. t/rok) .....	19
Tabulka 5 – Vývoj těžby - rozdíly oproti variantě 1 (mil. t/rok).....	19
Tabulka 6 – Vývoj těžby (PJ) .....	20
Tabulka 7 – Vývoj těžby - rozdíly oproti variantě 1 (PJ).....	20
Tabulka 8 – Struktura odbytu těžby a plánovaná spotřeba (mil. t/rok) .....	21
Tabulka 9 – použité vztahy koncentrace-odezva pro znečišťující látky PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>10</sub> , NO <sub>2</sub> a O <sub>3</sub> .....	26
Tabulka 10 – Jednotkové ocenění dopadů na zdraví (cenová úroveň roku 2014) .....	31
Tabulka 11 – Parametrizované hodnoty externích nákladů pro těžké kovy na 1 tunu škodliviny .....	33
Tabulka 12 – Společenské náklady uhlíky pro emise 2010 dle Tol (2013) .....	35
Tabulka 13 – Hodnoty škod ze změny klimatu: srovnání s Metodikou Melichar et al. (2011), v Euro(2014) .....	36
Tabulka 14 – Hodnoty škod ze změny klimatu (SCC) a cena EUA, 2010-2050 .....	37
Tabulka 15 – Hodnoty škod ze změny klimatu (SCC) pro citlivostní analýzu, 2010-2050, v Kč(2014).....	38
Tabulka 16 – Součásti objektivní funkce modelu .....	41
Tabulka 17 – Ocenění fyzických dopadů emisí prашného aerosolu z těžby v letech 2015, 2035 a 2048 (v Kč).....	46
Tabulka 18 – Celkové externí náklady emisí prашného aerosolu z těžby na lomu Bílina dle variant korekce ÚEL (v Kč) .....	48
Tabulka 19 – Ocenění fyzických dopadů emisí prашného aerosolu z těžby v letech 2015, 2030 a 2050 (v Kč).....	49
Tabulka 20 - Celkové externí náklady emisí prашného aerosolu z těžby na lomu ČSA dle variant korekce ÚEL (v Kč) .....	51
Tabulka 21 – Obyvatele zasažení a obtěžování hlukem v modelovaných letech 2015, 2035 a 2048 .....	51
Tabulka 22 - Ocenění obtěžování hlukem v modelovaných letech 2015, 2035 a 2048 (v Kč).....	52
Tabulka 23 - Predikované počty obyvatel zasažených a obtěžovaných hlukem nad 35 dB.....	52
Tabulka 24 - Ocenění obtěžování hlukem pro celé období 2015-2050 (v Kč) .....	52
Tabulka 25 – Obyvatele zasažení a obtěžování hlukem v modelovaných letech 2015, 2030 a 2050 .....	53
Tabulka 26 - Ocenění obtěžování hlukem v modelovaných letech 2015, 2030 a 2050 (v Kč) .....	53
Tabulka 27 - Predikované počty obyvatel zasažených a obtěžovaných hlukem nad 35 dB podle variant .....	53
Tabulka 28 - Ocenění obtěžování hlukem pro jednotlivé varianty (v Kč) .....	54
Tabulka 29 – Emise primárních znečišťujících látek (t/rok).....	54
Tabulka 30 – Emise primárních znečišťujících látek - rozdíly oproti variantě 1 (t/rok) .....	55
Tabulka 31 – Emise těžkých kovů (t/rok) .....	55
Tabulka 32 – Emise těžkých kovů - rozdíly oproti variantě 1 (t/rok) .....	56
Tabulka 33 – Emise CO <sub>2</sub> ze spalování uhlí podle kategorií energetických zařízení (mil. t. /rok).....	56
Tabulka 34 – Emise CO <sub>2</sub> ze spalování uhlí podle kategorií energetických zařízení - rozdíly oproti variantě 1 (mil. t/rok) .....	57
Tabulka 35 - Počty fyzických dopadů - varianta 1 (počet let/ počet dní/ počet hospitalizací/ počet případů) .....	58
Tabulka 36 - Počty fyzických dopadů - varianta 2 (počet let/ počet dní/ počet hospitalizací/ počet případů) .....	58
Tabulka 37 - Počty fyzických dopadů - varianta 3 (počet let/ počet dní/ počet hospitalizací/ počet případů) .....	59
Tabulka 38 - Počty fyzických dopadů - varianta 4 (počet let/ počet dní/ počet hospitalizací/ počet případů) .....	59
Tabulka 39 - Fyzické dopady z primárních znečišťujících látek za jednotlivé varianty za celé období 2015-2050 (počet let/ počet dní/ počet hospitalizací/ počet případů).....	60
Tabulka 40 - Peněžní ocenění fyzických dopadů za varianty za celé období 2015-2050 (v mil. Kč).....	60
Tabulka 41 - Externí náklady primárních znečišťujících látek ve vybraných letech a celkem za celé období (v mil. Kč) .....	61
Tabulka 42 – Odhadnuté počty fyzických dopadů vyvolaných expozicí ozónu (počet let/ počet hospitalizací/ počet dní).....	64
Tabulka 43 - Fyzické dopady v důsledku expozice ozónu za jednotlivé varianty za celé období 2015-2050 (počet let/ počet hospitalizací/ počet dní) .....	65

Tabulka 44 – Externí náklady expozice ozónu za jednotlivé varianty za celé období 2015-2050 (v mil. Kč) .....	65
Tabulka 45 – Odhadované dopady na zemědělskou produkci a potřebu hnojení za celé období 2015-2050 (v t) .	66
Tabulka 46 – Externí náklady působení ozónu a dusíku na zemědělskou produkci a biodiverzitu za období 2015-2050 (v mil. Kč).....	66
Tabulka 47 – Celkové externí náklady za celé období 2015-2050 (v mil. Kč).....	69
Tabulka 48 - Dodatečné externí náklady oproti variantě 1 celkem za období 2015-2050 (v mil. Kč) .....	70
Tabulka 49 - Porovnání variant korekcí limitů těžby na jednotlivých lomech za hodnocené období 2015-2050 (v mil. Kč).....	71
Tabulka 50 – Externí náklady z užití uhlí ve velkých spalovacích zdrojích z hlediska regionálních dopadů za jednotlivé varianty za celé období 2015-2050 (v mil. Kč).....	72
Tabulka 51 – Porovnání variant externích nákladů z hlediska regionálních dopadů (v mil. Kč).....	73
Tabulka 52 – Porovnání variant externích nákladů z hlediska jejich teritoriálního působení (v mil. Kč) .....	73
Tabulka 53 Externí náklady emisí skleníkových plynů, varianty hodnot společenských nákladů uhlíku (v mil. Kč / rok).....	75
Tabulka 54 - Celkové externí náklady spojené s těžbou, užitím uhlí včetně dopadů změny klimatu, domácí pohled, v mil. Kč .....	76
Tabulka 55 Celkové externí náklady spojené s těžbou a užitím uhlí, včetně dopadů změny klimatu, EU perspektiva dopadů, v mil. Kč.....	77
Tabulka 56 Celkové externí náklady spojené s těžbou a užitím uhlí, včetně dopadů změny klimatu, globální perspektiva dopadů, v mil. Kč .....	77
Tabulka 57 - Převis nabídky HU nad poptávkou po HU jako procento vytěženého objemu HU. ....	85
Tabulka 58 Srovnání externích nákladů emisí skleníkových plynů (změna klimatu) a externích nákladů ze znečišťujících látek a hluku, v mil. Kč za období 2015-2050.....	89
Tabulka 59 Srovnání externalit při perspektivě EU nebo globálním hledisku s externalitami pro národní hledisko, násobek z hodnoty externích nákladů při národní perspektivě .....	90
Tabulka 60 - Externí náklady na tunu vytěženého a spáleného uhlí, různé perspektivy zahrnutí dopadů, v Kč na tunu spáleného hnědého uhlí.....	94

## Seznam obrázků

Obrázek 1 – Celkové externí náklady za jednotlivé varianty.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 2 – Roční hrubá těžba hnědého uhlí v případových velkolomech Bílina a ČSA v letech 2001–2014 (v kilotunách).....	18
Obrázek 3 - schéma přístupu funkce škody u environmentálních externalit.....	23
Obrázek 4 – vývoj relativního zastoupení věkových skupin v populaci v období 2015-2050.....	29
Obrázek 5 - Zjednodušená struktura modelu TIMES-CZ.....	42
Obrázek 6 – Srovnání hodnot SSC, EUA a dalších odhadů hodnot ceny uhlíku. ....	44
Obrázek 7 - Procentuální podíl jednotlivých typů fyzických dopadů podle použité sady funkcí koncentrace-odezva .....	46
Obrázek 8 – Průběh odhadových ročních externích nákladů emisí prашného aerosolu z těžby na lomu Bílina ve variantě 2 .....	47
Obrázek 9 - Průběh odhadových ročních externích nákladů emisí prашného aerosolu z těžby na lomu Bílina ve variantě 1 .....	47
Obrázek 10 - procentuální podíl jednotlivých typů dopadů podle použité sady funkcí koncentrace-odezva .....	48
Obrázek 11 - Průběh odhadových ročních externích nákladů emisí prашného aerosolu z těžby na lomu ČSA dle jednotlivých variant .....	49
Obrázek 12 - Průběh odhadových ročních externích nákladů z emisí prашného aerosolu podle variant.....	50
Obrázek 13 - Externí náklady za jednotlivé primární znečišťující látky – prашný aerosol frakcí PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> a oxidy dusíku (NO <sub>x</sub> ). ....	62
Obrázek 14 - Externí náklady za prашný aerosol (PM <sub>2,5</sub> a PM <sub>10</sub> ) a za primární znečišťující látky celkem .....	63
Obrázek 15 - Externí náklady primárních znečišťujících látek dle kategorií energetických zařízení (v mil. Kč) ...	63
Obrázek 16 - Externí náklady za ozón v průběhu hodnoceného období 2015-2050.....	65
Obrázek 17 – Časové rozložení externích nákladů těžkých kovů podle variant za období 2015-2050 .....	67

Obrázek 18 – Celkové externí náklady podle typu emise a variant .....	67
Obrázek 19 – Celkové externí náklady za jednotlivé varianty.....	69
Obrázek 20 - Dodatečné externí náklady variant 2-4 (oproti variantě 1).....	70
Obrázek 21 - Externí náklady emisí skleníkových plynů pro SCC-1% „domácí“, v mil. Kč .....	74
Obrázek 22 Externí náklady emisí skleníkových plynů pro různé zdroje, varianta 1, v mil. Kč .....	75
Obrázek 23 Vývoj a struktura hrubé výroby elektřiny ve Variantě 1 .....	79
Obrázek 24 Vývoj a struktura hrubé výroby elektřiny ve Variantě 2 .....	79
Obrázek 25 Vývoj a struktura hrubé výroby elektřiny ve Variantách 3 a 4 .....	80
Obrázek 26 Vývoj a struktura paliv pro výrobu elektřiny a tepla do SZT ve Variantě 1 .....	80
Obrázek 27 Vývoj a struktura paliv pro výrobu elektřiny a tepla do SZT ve Variantách 3 a 4 .....	80
Obrázek 28 Srovnání struktury spotřeby paliv pro výrobu elektřiny a tepla do SZT mezi variantami v letech 2030 a 2040. ....	81
Obrázek 29 Spotřeba HU dle kategorií ve Variantě 1 .....	82
Obrázek 30 Spotřeba HU dle kategorií ve Variantě 2 .....	82
Obrázek 31 Spotřeba HU dle kategorií ve Variantách 3 a 4 .....	83
Obrázek 32 Spotřeba tuzemského HU, dovoz HU a nevyužité HU za ÚEL ve Variantách 1-4 .....	84
Obrázek 33 Porovnání spotřeby a plánované těžby HU ve Variantách 1-4 .....	85
Obrázek 34 - Srovnání externích nákladů ve variant prolomení ÚEL proti variantě zachování ÚEL (mil. Kč/rok) .....	86

## Použitá literatura

- AEA Technology (2005) Cost-benefit analysis of policy option scenarios for the Clean Air for Europe programme, Service Contract for carrying out cost-benefit analysis of air quality related issues, in particular in the clean air for Europe (CAFE) programme. Report to European Commission.
- AEA Technology (2011) Cost Benefit Analysis for the Revision of the National Emission Ceilings Directive: Policy Options for revisions to the Gothenburg Protocol to the UNECE Convention on Long Range Transboundary Air Pollution, Report to European Commission, Didcot.
- Alberini, A., & Ščasný, M. (2011). Context and the VSL: Evidence from a Stated Preference Study in Italy and the Czech Republic. *Environmental and Resource Economics*, 49(4), 511–538. doi:10.1007/s10640-010-9444-8
- Amann M, editor (2014). The final policy scenarios of the EU Clean Air Policy Package. TSAP report #11. Version 1.1a. Laxenburg: International Institute for Applied Systems Analysis (<http://ec.europa.eu/environment/archives/air/pdf/TSAP.pdf>, accessed 29 October 2014).
- Anthoff, D. (2007). Report on marginal external damage costs inventory of greenhouse gas emissions. Delivery 5.4 - RS 1b. IP NEEDS Report.
- Beelen, R., Raaschou-Nielsen, O., Stafoggia, M., Andersen, Z. J., Weinmayr, G., Hoffmann, B., ... Hoek, G. (2014). Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. *Lancet*, 383(9919), 785–95. doi:10.1016/S0140-6736(13)62158-3
- Bickel, P., & Friedrich, R. (2004). *ExternE: Externalities of Energy. Methodology 2005 Update*. (P. Bickel & R. Friedrich, Eds.). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Bockstael, N., & McConnell, K. E. (2005). Valuing the environment as a factor of production. In K. G. Mäler & J. Vincent (Eds.), *Handbook of Environmental Economics vol. 2* (pp. 621–669). Amsterdam: Elsevier B.V.
- Bosetti, V., Carraro, C., Galeotti, M., Massetti, E., Tavoni, M. (2006). WITCH: a world induced technical change hybrid model. *Energy Journal* 27, 13–37. (Special issue, October).
- Brode, R. W., Wang, J. (1992) User's Guide for the Industrial Source Complex (ISC2) Dispersion Model. Vols.1-3, EPA 450/4-92-008a, EPA 450/4-92-008b, and EPA 450/4-92-008c. US Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC.
- Burcin B., Kučera T. (2010) Prognóza populačního vývoje České republiky na období 2008-2070, výzkumná zpráva pro MPSV ČR, dostupné z <http://www.mpsv.cz/cs/8838>
- Capros, P., Paroussos, L., Fragkos, P., Tsani, S., Boitier, B., Wagner, F., ... Bollen, J. (2014). Description of models and scenarios used to assess European decarbonisation pathways. *Energy Strategy Reviews*, 2(3-4), 220–230. <http://doi.org/10.1016/j.esr.2013.12.008>
- Czech Coal (2012) Roční zpráva skupiny Czech Coal: Hospodaření a udržitelný rozvoj v roce 2011. Most: Czech Coal a. s.
- ČHMÚ (2014) National Greenhouse Gas Inventory Report of the Czech Republic (reported inventories 1990- 2012). Praha: Český hydrometeorologický ústav, duben 2014.
- ČSÚ (2004). Projekce obyvatelstva České republiky do roku 2050, Praha: ČSÚ.
- ČSÚ (2013). Projekce obyvatelstva České republiky do roku 2100, Praha: ČSÚ.

- Dasgupta, P. (1982). *The Control of Resources*. Basil Blackwell, Oxford.
- Department of Energy and Climate Change (2014). Updated Short-term Traded Carbon Values Used for UK Public Policy Appraisal. (October 2, 2014).
- Desaigues, B., Ami, D., Bartczak, A., Braun Kohlová, M., Chilton, S., Czajkowski, M., ... Urban, J. (2011). Economic valuation of air pollution mortality: A 9-country contingent valuation survey of value of a life year (VOLY). *Ecological Indicators*, 11(3), 902–910. doi:10.1016/j.ecolind.2010.12.006
- EC (2013). Commission staff working document. Impact assessment. Brussels: European Commission (SWD(2013) 531 final; [http://ec.europa.eu/governance/impact/ia\\_carried\\_out/docs/ia\\_2013/swd\\_2013\\_0531\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/governance/impact/ia_carried_out/docs/ia_2013/swd_2013_0531_en.pdf), accessed 2 April 2015).
- Environmental Protection Agency (2014). *Fed. Regist.* 79(117), 34830.
- Environmental Protection Agency (EPA). 2014. Carbon Pollution Emission Guidelines for Existing Stationary Sources: Electric Utility Generating Units (June 2014).
- EPRI (2013). Program on Technology Innovation: Integrated Generation Technology Options 2012. Report no. 1026656. Palo Alto, CA: Electric Power Research Institute.
- European Commission (2009). Impact Assessment Guidelines (January 15, 2009).
- Freeman, A. M. I. (2003). *The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods*. Washington, DC: Resources for the Future.
- Gayer, T., Viscusi, W.K. (2014). *Determining the Proper Scope of Climate Change Benefits* (Brookings Institution, Washington, DC, 2014): (Downloaded on August 24, 2015 from <http://www.brookings.edu/research/papers/2014/06/04-determining-proper-scope-climate-change-benefits-gayer>).
- Greenstone, M., Kopits, E., Wolverton, A. (2013). Developing a social cost of carbon for us regulatory analysis: A methodology and interpretation. *Review of Environmental Economics and Policy*, 7 (1), pp. 23-46. DOI: 10.1093/reep/res015
- Holland M (2012). Cost-benefit analysis of scenarios for cost-effective emission controls after 2020. Version 1.02. Corresponding to IIASA TSAP report #7. Laxenburg: International Institute for Applied Systems Analysis ([http://ec.europa.eu/environment/archives/air/pdf/TSAP\\_CBA\\_corresponding\\_to\\_IIASA7\\_v1-02%5B1%5D.pdf](http://ec.europa.eu/environment/archives/air/pdf/TSAP_CBA_corresponding_to_IIASA7_v1-02%5B1%5D.pdf), accessed 29 October 2014).
- Holland, M. (2014). *Cost-benefit Analysis of Final Policy Scenarios for the EU Clean Air Package*, Version 2, dostupné z <http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/TSAP%20CBA.pdf>
- Holland, M. (2014a). *Implementation of the HRAPIE Recommendations for European Air Pollution CBA work*. dostupné z [http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/CBA\\_HRAPIE\\_implement.pdf](http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/CBA_HRAPIE_implement.pdf)
- Holland, M., Amann, M., Heyes, C., Rafaj, P., Schöpp, W. Hunt, A., and Watkiss, P. (2011) The Reduction in Air Quality Impacts and Associated Economic Benefits of Mitigation Policy. Summary of Results from the EC RTD ClimateCost Project. In Watkiss, P (Editor), 2011. The ClimateCost Project. Final Report. Volume 1: Europe. Published by the Stockholm Environment Institute, Sweden, 2011. ISBN 978-91-86125-35-6.
- Holland, M., Amann, M., Heyes, C., Rafaj, P., Schöpp, W. Hunt, A., and Watkiss, P. (2011) Technical Policy Briefing Note 6: Ancillary Air Quality Benefits. The Reduction in Air Quality Impacts and Associated Economic Benefits of Mitigation Policy: Summary of Results from the EC RTD ClimateCost Project.
- Hope, C.W. (2006). The marginal impact of CO<sub>2</sub> from PAGE2002: an integrated assessment model incorporating the IPCC's five reasons for concern. *Integrated Assessment Journal* 6(1), 19–56.
- Hotelling, H. (1931). The economics of exhaustible resources. *Journal of Political Economy* 39 (2), 137–175.



IEA (2014). World Energy Outlook 2014, OECD/IEA, Paris. ISBN: 978-92-64-20804-9

Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, Technical support document: Social cost of carbon for regulatory impact analysis under Executive Order 12866 (White House, Washington, DC, 2013); <http://1.usa.gov/18ftAsH>.

Loulou, R., Remne, U., Kanudia, A., Lehtilä, A., & Goldstein, G. (2005a). *Documentation for the TIMES Model PART I*. Retrieved from <http://www.iea-etsap.org/web/Docs/TIMESDoc-Intro.pdf>

Loulou, R., Remne, U., Kanudia, A., Lehtilä, A., & Goldstein, G. (2005b). *Documentation for the TIMES Model PART II*. Retrieved from <http://www.iea-etsap.org/web/Docs/TIMESDoc-Details.pdf>

Loulou, R., Remne, U., Kanudia, A., Lehtilä, A., & Goldstein, G. (2005c). *Documentation for the TIMES Model PART III*. Retrieved from <http://www.iea-etsap.org/web/Docs/TIMESDoc-GAMS.pdf>

Ludwig, L., & Neumann, J. (2012). *Updating Income Elasticity Estimates in EPA's BenMAP Air Pollution Benefits Estimation System*, US Environmental Protection Agency, dostupné z [http://www.epa.gov/ttnecas1/regdata/Benefits/IncomeElasticityUpdate\\_Recommendationswithappendices.pdf](http://www.epa.gov/ttnecas1/regdata/Benefits/IncomeElasticityUpdate_Recommendationswithappendices.pdf).

Máca V., Urban J. (2012). Oceňování hluku ze silniční a železniční dopravy, *SILNICE ŽELEZNICE*, 1/2012, s. 54-58.

Máca, V., Ščasný, M., Hunt, A., Anneboina, L., Navrud, S., Payre, C., & Stockel, M. E. (2011). *Presentation of unit values for health end-points: country-specific and pooled, HEIMTSA FP6 project Deliverable D 4.1.3*. Praha: Charles University Environment Center.

Máca, V., Melichar, J., Ščasný, M. (2012). Internalization of External Costs of Energy Generation in Central and Eastern European Countries. *The Journal of Environment & Development*, 21(2), 181-197.

Melichar, J., Ščasný, M., Máca, V., Havránek, M. (2011). Hodnocení externích nákladů energetiky analýzou drah dopadů. Certifikovaná metodika č. 11697/ENV/11. Ministerstvo životního prostředí, Odbor ekonomických nástrojů, 25. 2. 2011.

Melichar, J., Máca, V., Ščasný, M. (2012) Environmental policies of the EU: A case study of market-based instruments and internalization of environmental externalities from airborne pollution in the Czech Republic. In: Turnovec, F., Strielkowski, W., Novák, P., Brodzicki, T., Andrä, J., Broll, U., Murphy, E., Cahlíková, Z., Duží, B., Melichar, J., Máca, V., Ščasný, M. (2012). *Advanced Economics of European Integration: Selected issues*. Charles University in Prague, Faculty of Social Sciences, 127 pages, ISBN 978-80-87404-33-1.

Melichar, J.; Máca, V.; Ščasný, M. (2012a). Měrné externí náklady výroby elektrické energie v uhelných parních elektrárnách v České republice. CUEC Working Paper 1/2012. Praha: Centrum pro otázky životního prostředí UK v Praze, 35 s.

Melichar, J.; Máca, V.; Ščasný, M. (2012b). Externí náklady prolomení limitů těžby na Mostecku. Případ velkolomů Československé armády a Bílina. Praha: Centrum pro otázky životního prostředí UK v Praze, 41 s.

Miedema, H. M. E., & Vos, H. (2004). Noise annoyance from stationary sources: relationships with exposure metric day-evening-night level (DENL) and their confidence intervals. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 116(1), 334–343. doi:10.1121/1.1755241

Miller, B. (2013) *IOMLIFET version 2013 - Spreadsheets for life-table calculations*, Edinburgh: Institute of Occupational Medicine.

Miller, B. G., & Hurley, J. F. (2006). *Comparing estimated risks for air pollution with risks for other health effects*. Edinburgh: Institute of Occupational Medicine

MPO (2015) Státní energetická koncepce České republiky, Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR.

- MPO (2015a) Analýza potřeby dodávek hnědého uhlí pro teplárny s ohledem na navržené varianty úpravy územně-ekologických limitů těžby, Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR.
- National Highway Traffic and Safety Administration (2008). *Fed. Regist.* 73(86), 24352.
- Neuhoff K., Acworth, W., Betz, R., Burtraw, D., Cludius, J., Fell, H., Hepburn, C., Holt, C., Jotzo, F., Kollenberg, S., Landis, F., Salant, S., Schopp, A., Shobe, W., Taschini, L. and Trotignon, R. (2015). Is a Market Stability Reserve likely to improve the functioning of the EU ETS? Evidence from a model comparison exercise. *Climate Strategies*. Stiftung Mercator Foundation, February 2015.
- Newbold, S., Griffiths, C., Moore, C.C., Wolverton, A., Kopits, E. (2010). The Social Cost of Carbon Made Simple. Working Paper 2010–07, National Center for Environmental Economics, Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- Nordhaus, W.D. (2008). *A Question of Balance: Weighing the Options on Global Warming Policies*. Yale University Press, New Haven.
- Obama, B (2011). Executive Order 13563: Improving Regulation and Regulatory Review, Federal Register, vol. 76, no. 14, 3831 (Jan. 2011).
- OECD (2008). *Costs of Inaction on Key Environmental Challenges*. OECD, Paris.
- OECD (2012). *Mortality Risk Valuation in Environment, Health and Transport Policies*. Paris: OECD Publishing. doi:10.1787/9789264130807-en
- Pedersen, T. (2007). *The “Genlyd” Noise Annoyance Model: Dose-Response Relationships Modelled by Logistic Functions*. Hørsholm, Denmark.
- Pigou, A.C. (1920). *The Economics of Welfare*. MacMillan and Co, London.
- Pizer, W., Adler, M., Aldy, J., Anthoff, D., Cropper, M., Gillingham, K., Greenstone, M., Murray, B., Newell, R., Richels, R., Rowell, A., Waldhoff, S., Wiener, J. (2014). Using and improving the social cost of carbon. *Science*, 346 (6214), pp. 1189-1190. DOI: 10.1126/science.1259774
- Preiss, P., Klotz, V. (2008). EcoSenseWeb V1.3, User's Manual & „Description of Updated and Extended Draft Tools for the Detailed Site-dependent Assessment of External Costs“, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart.
- Pye S, Holland M, Regemorter D van, Wagner A, Wattkiss P (2008): Analysis of the Costs and Benefits of Proposed Revisions to the National Emission Ceilings Directive. NEC CBA Report 3. National Emission Ceilings for 2020 based on the 2008 Climate & Energy Package. AEA Energy & Environment; Prepared for the European Commission DG Environment C.5, London, July 2008.
- Ready, R., Navrud, S., Day, B., Dubourg, R., Machado, F., Mourato, S., ... Rodriguez, M. X. V. (2004). Benefit transfer in Europe: How reliable are transfers between countries? *Environmental and Resource Economics*, 29(1), 67–82. doi:10.1023/B:EARE.0000035441.37039.8a
- Rečka a Ščasný (2015). Partial equilibrium model of Czech energy sector—scenarios of future development, EcoMod 2015, Boston, červenec 2015
- SD (2015) Výroční zpráva 2014. Skupina Severočeské doly. Praha: B.I.G. Prague.
- Simpson, D. (1992) Long period modelling of photochemical oxidants in Europe. Calculations for July 1985, *Atmos. Environ.*, 26A, s. 1609–1634.
- Ščasný M., Braun Kohlová M., Dostál M., Brůha J., Melichar J., Máca V. (2006) Závěrečná zpráva projekt 1C/5/6/04 - Environmentální vlivy na zdraví dětí, dílčí části 3 a 4, Praha: Centrum pro otázky životního prostředí UK.
- Ščasný M., Braun Kohlová M., Havránek M., Melichar J., Máca V., Urban J. (2006) Závěrečná zpráva projektu VaV/320/1/03 Externí náklady výroby elektřiny a tepla v podmínkách ČR a metody jejich internalizace, Praha: Centrum pro otázky životního prostředí UK.

- Ščasný, M., Massetti, E., Melichar, J., Carrara, S. (2015). Quantifying the ancillary benefits of the Representative Concentration Pathways on air quality in Europe. *Environmental & Resource Economics* (Special Issue on Climate Economics prepared for COP21). DOI: 10.1007/s10640-015-9969-y
- Tol, R.S.J. (2005). The Marginal Damage Costs of Carbon Dioxide Emissions: An Assessment of the Uncertainties, *Energy Policy*, **33** (16), 2064-2074.
- Tol, R.S.J. (2009). The economic effects of climate change. *Journal of Economic Perspectives* 23 (2), 29–51.
- Tol, R.S.J. (2013). Targets for global climate policy: An overview. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 37 (5), pp. 911-928.
- Trukenmüller, A., Friedrich, R. (1995) Die Abbildung der großräumigen Verteilung, chemischen Umwandlung und Deposition von Luftschadstoffen mit dem Trajektorienmodell WTM, Jahresbericht ALS, Stuttgart, s. 93–108.
- U.S. Office of Management and Budget (2003). Circular A-4, Sept. 2003, p. 15.
- Van Regemorter D (2008): Assessment of the macroeconomic impacts of NEC Scenarios with GEM-E3. April 2008. Study prepared for the DG Environment, European Commission.
- Verhoef, E. T. (2002). Externalities. In J. C. J. M. Van Den Bergh (Ed.), *Handbook Of Environmental And Resource Economics* (pp. 197–214). Cheltenham: Edward Elgar.
- Watkiss, P., Hope C. (2011). Using the Social Cost of Carbon in Regulatory Deliberations. *WIREs Climate Change* 2: 886-901.
- Weinzettel, J., Havránek, M., Ščasný, M. (2012). A consumption based indicator of external costs of electricity. *Ecological Indicators*, Volume 17, Issue (June, 2012), p. 68-76.
- WHO (2013). *Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.

### **Ostatní zdroje**

IP NEEDS: New Energy Externalities Development for Sustainability. Evropská komise, 6. Rámcový program (2004–2009). <http://www.needs-project.org>

## KOLOFON

---

<b>Objednatel:</b>	<b>Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR</b> Na Františku 32 Praha 1, 110 15 <a href="http://www.mpo.cz">www.mpo.cz</a>
<b>Zhotovitel:</b>	<b>Univerzita Karlova v Praze, Centrum pro otázky životního prostředí</b> <a href="http://www.czp.cuni.cz">www.czp.cuni.cz</a>
<b>Řešitelé:</b>	JUDr. Vojtěch Máca, Ph.D. Ing. Jan Melichar, Ph.D. Mgr. Lukáš Rečka Mgr. Milan Ščasný, Ph.D.
<b>Kontaktní informace:</b>	Milan Ščasný Centrum pro otázky životního prostředí Univerzita Karlova v Praze José Martího 2/407 162 00 Praha 6 Česká republika  Tel: +420-220199477 Fax: +420-220199462 E-mail: <a href="mailto:milan.scasny@czp.cuni.cz">milan.scasny@czp.cuni.cz</a>
<b>Doba řešení:</b>	červenec – srpen 2015
<b>Počet stran:</b>	107

---